



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA DVEŘNÍHO KOVÁNÍ

MANUFACTURING OF FITTING DOOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lucie Rosenbergová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Studentka: **Lucie Rosenbergová**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Podaný, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba dveřního kování

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby části kování dveří z ocelového plechu. Součástka je plochého tvaru s několika otvory a bude vyráběna technologií stříhání a ohýbání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

- zhodnotit technologičnost dveřního kování,
- provést rozbor možných technologií výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti,
- vypracovat aktuální literární studii se zaměřením na zvolenou technologii,
- zpracovat návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty,
- navrhnout a popsat tvářecí nástroj včetně základní výkresové dokumentace,
- provést technicko–ekonomické hodnocení.

Seznam doporučené literatury:

MARCINIAK, Zdislaw, John L. DUNCAN a Jack S. HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s.

HELLWIG, Waldemar a Erwin SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

ROSENBERGOVÁ Lucie: Výroba dveřního kování

Práce je zaměřena na návrh technologie výroby zapadacího plechu k zámku. Součástí je výroba z oceli 11 321 ve formě svitku o tloušťce 1,5 mm ve výrobní sérii 35 000 ks/rok. Z uvažovaných výrobních technologií byla zvolena neoptimálnější metoda, a to stříhání a ohýbání ve sdrufném nástroji. Po zjištění rozměrů rozvinutého tvaru byl zvolen vhodný technologický postup, dle kterého je dosaženo pořadovaného tvaru ve čtyřech krocích. Na základě provedených výpočtů byl zkonstruován sdrufný nástroj. Součástí bude výroba na výstředníkovém lisu S 160 E od firmy THERMAL Brno a. s., který vyhovuje jak z hlediska rozměrů nástroje, tak i potřebné tvárcí síly. Prodejní cena zahrnující 70% zisk byla vypočtena na 20,4 Kč. Výroba se stává ziskovou po překročení 16 054 ks.

Klíčová slova: Ocel 11 321, stříhání, ohýbání, sdrufný nástroj

ABSTRACT

ROSENBERGOVÁ Lucie: Manufacturing of fitting door

This bachelor thesis is focused on the design of the technology of the production of the locks lock plate. The component is made from 11 321 steel in form of scroll with 1,5mm width. Production series is 35,000 pcs/year. From the considered production technologies is cutting and bending in progressive die tool the best. After determining the dimensions of the developed shape was suitable technological process chosen. According to that is desired shape achieved in four steps. Based on the performed calculation was combined tool constructed. Component will be manufactured at the eccentric press S 160 E from THERMAL Brno a.s. This press satisfies with dimensions of the tool and also with necessary forming force. The sale price is 20,4 Kč with 70% profit included. Production becomes profitable after exceeding 16 054 pieces.

Keywords: 11 321 steel, shearing, bending, progressive die tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ROSENBERGOVÁ, Lucie. *Výroba dve ního chování*. Brno, 2017. 38s, 1 výkres, 2 p ílohy, CD. Bakalá ská práce. Vysoké u ení technické v Brn , Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tvá ené kov a plast . Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D..

ESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V _____ dne 26.5.2017

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilovi Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
 estně prohlášení
Pod kování
Obsah

ÚVOD	9
1 ROZBOR ESTNÉ SOU ÁSTI	10
1.1 Volba technologie výroby	11
2 TECHNOLOGIE ST ÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ	13
2.1 St íhání.....	13
2.1.1 Rozmíst ní výst ífk na pásu	14
2.2 Ohýbání.....	15
2.2.1 Odpružení	16
2.3 Síla a práce	17
2.3.1 T íl-t síl.....	19
2.4 Nástroje	20
2.5 Stroje	21
2.6 Technologická nost	22
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	22
3.1 Umíst ní výst ífku v nást íhovém plánu a volba polotovaru.....	23
3.2 Volba výrobního postupu	26
3.3 Výpo ty pro st ífnou ást	28
3.4 Výpo ty pro ohybovou ást	30
3.5 Poloha výsledné síly	31
3.6 Popis nástroje.....	32
3.7 Volba stroje.....	34
3.8 Povrchová úprava sou ásti.....	34
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	35
5 ZÁV R	38

Seznam použitých zdroj
Seznam použitých symbolů a zkratk
Seznam obrázků
Seznam tabulek
Seznam příloh
Seznam výkresů

ÚVOD [2], [15], [27], [36],[41]

Ve strojírenství existuje velké množství rozdílných výrobních technologií. Před samotným začátkem výroby je důležité vybrat tu nejvhodnější z nich. Snahou je výroba v minimálních finančních nákladech, ale také dosahování co nejvyšší kvality tak, aby se nemusely zavádět další dokončovací operace. Proto vzniká zájem zejména o technologii tváření, ta dokáže zajistit nejen velmi nízké výrobní náklady, ale i nízkou spotřebu materiálu. Současně však zachovává vysokou kvalitu práce a produktivitu výrobek. Díky svým vlastnostem je tedy podstatnou součástí moderního průmyslu.

Technologie tváření lze rozdělit podle výroby na objemové, kde dochází k přeskupení objemu polotovaru, například kování a plátné, při jehož procesu se tvar formuje a nedochází ke změně tloušťky. Plátné tváření se zabývá stahováním, ohýbáním, tlakem, rovnáním a tvarováním. Mezi hlavní výhody patří velké využití materiálu, beztržková výroba a vysoká produktivita a výrobní rychlost. Výchozím polotovarem je tabule plechu nebo svitek. K nejrozšířenějším metodám plátného tváření patří stahování a ohýbání.

Tvářecí nástroje jsou konstruovány tak, aby bylo dosaženo co nejvyššího využití materiálu a zároveň co nejmenšího odpadu. Také je snaha o snížení výrobních nákladů a zvýšení kvality, proto se využívá sdrůžených nástrojů, které provádí více tvářecích operací v jednom kroku.

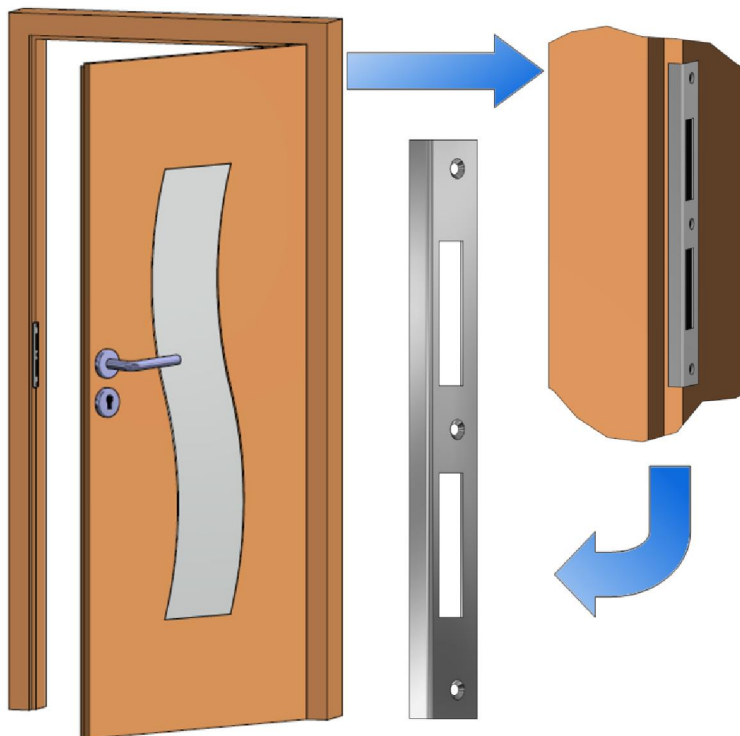
Na obrázku 1 jsou uvedeny příklady zapadacích plechů vyrobených technologiemi stahování a ohýbání.



Obr. 1 Různé typy zapadacích plechů [27], [41]

1 ROZBOR TECHNÉ SOU ÁSTI [1], [3], [13], [16], [27]

e-enou sou ástí je univerzální rohový zapadací plech, který je používán jako protikus k dveřnímu zámku a je připevněn k dveřní zárubni (obr. 2). Bude vyráběn v sérii 35 000 ks za rok. Jedná se o ohýbanou součást vyrobenou z plechu o tloušťce 1,5 mm a o rozměrech 24 x 200 x 10 mm. Na součásti se nacházejí tři kruhové otvory Ø 4 mm s prolisy, kterými procházejí šrouby, jimiž je tato součást připevněna k zárubni. Dále jsou na plechu dva obdélníkové otvory s rozměry 12 x 50 mm, do jednoho z nich zapadá stělk, když jsou dveře zavěšeny a do druhého závora dveří zamčených. Součástí e-eného dílu je také ohyb pod úhlem 90°.



Obr. 2 Použití e-ené součásti

V případě tohoto zapadacího plechu nejsou kladeny žádné větší nároky na mechanické vlastnosti materiálu (přesnost IT12), materiál musí být vzhledem technologii výroby vhodný ke tváření za studena a proto plech musí být odolný proti korozi, je potřeba zvolit materiál vhodný k povrchovým úpravám. Používá se například černí, chromátování nebo zinkování. Z hlediska ceny a estetického provedení není třeba uvažovat fládných speciálních drahých povlak, ale bude stačit zinkování, bfl jsou k vhodné oceli třídy 10 a 11. Volba materiálu je také ovlivněna cenou výsledného výrobku.

Podle uvedených požadavků na materiál byla zvolena ocel 11 321, která splňuje uvedené požadavky. Je vhodná jak ke tváření za studena, ale také k následnému protikoroznímu zinkování. Chemické složení a mechanické vlastnosti materiálu jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Základní chemické složení oceli 11 321

Materiál	Ocel 11 321 (1.0330)			
Chemické složení	C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
	max. 0,10	max. 0,45	max. 0,030	max. 0,030
Mechanické vlastnosti	Mez pevnosti Rm [MPa]	Tahnost A [%]		Mez kluzu Re [MPa]
	280 - 380	29		max. 235

1.1 Volba technologie výroby [6], [7], [20], [21], [22], [24], [26], [28], [33], [39], [40]

Na základ uvedených rozměrů a s přihlédnutím k výsledné ceně součásti je potřeba zvolit nejvhodnější metodu technologie výroby. Výroba lze rozdělit na dvě části, první získání tvaru a druhá ohyb. Pro první část výroby získání profilu lze využít následující technologie:

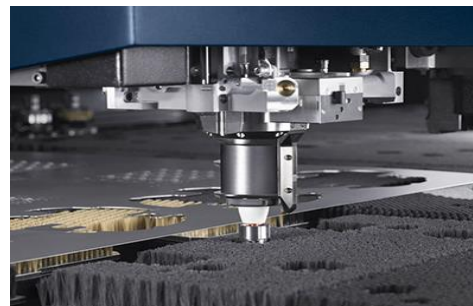
- Vodní paprsek - dle materiálu vysokým tlakem. Pohyb paprsku je řízen počítačem, čímž je umožněna velmi vysoká přesnost a opakovatelnost tvarových vzorů. Umění ujet stlačit vodu a ve směrovací komoře do vodního proudu přidat abrazivní materiál. Takto vytvořený paprsek (obr. 3) o průměru 0,15 až 2 mm má dostatek energie pro řez i v materiálech s velmi vysokou pevností. Mezi výhody patří nejen velmi vysoká přesnost, ale také to, že nedochází k tepelnému namáhání materiálu a ke vzniku vnitřního napětí, tato metoda je vhodná pro jakýkoliv materiál, řez lze provádět v těsné blízkosti hrany materiálu a minimalizovat tak odpady. Velkou nevýhodou je nevyhnutelný kontakt s vodou a tak může dojít ke korozi. Také vznikne hranka s porušenou povrchovou úpravou, což je velká nevýhoda a tento postup výroby je nevhodný.
- Laser - základem je laserový paprsek (obr. 4), který je systémem zrcadel nebo optickým kabelem doveden od zdroje k řezací hlavě. Paprsek je zaostřen do přesného ohniska, které je závislé na materiálu. Moderní řezací systémy umožní ujet plynulem nit výkon laseru, rychlost posuvu a další parametry a umožní ujet stále přesnější řezání se stále menším dopadem na výrobek i okolní materiál. Výkon zdroje se obvykle pohybuje mezi 1200 až 6000 W. Výhodou je vysoká a opakovatelná přesnost, vysoká přesnost řezu, hladký a kvalitní řez (u menších tloušťkách materiálu). Nevýhodou je vznik hranky, u které dojde k porušení zinkování a přenos tepla, které může ovlivnit i jiné dílce. U větších tloušťkách kovových materiálů jsou patrné stopy natavení.
- Vysekávání - (obr. 5) je metoda vyfoukávání pro odstranění materiálu pomocí CNC vysekávacích lis, je založena na principu stříhání. Technologie je určena k drcení, prorážení a tváření různých otvorů a tvarů, za pomoci nástrojů, které vykonávají plynulý pohyb, což vede k výrazně vyšší efektivitě než je dosaženo např. laserovou technologií. Velkých úspor lze dosáhnout především u velkosériové výroby. Výhodou vysekávání je, že nedochází k tepelným změnám při zpracování a lze jej využít i v oblastech, kde jsou tepelné změny nepřijatelné. Je dobré, že se zinek vtáhne a nevznikají hranky bez této povrchové úpravy. Mezi nevýhody patří nutnost kvalifikované obsluhy a vysoké provozní náklady stroje.



Obr. 3 Řezání vodním paprskem [34]

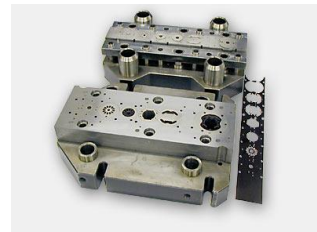


Obr. 4 Řezání laserem [24]



Obr. 5 Vysekávání [8]

- Stříhání - (obr. 6) princip stříhání spoívá v oddělování materiálu protilehlými bity noží pomocí smykového napětí v rovině stříhu, to vznikne působením stříhacích hran na materiál. Výstřih se zhotovuje na několik kroků. Používají se dorazy, nařinací při vložení nového pásu a koncový, který zajišťuje polohu pásu. Všechny kroky jsou zhotovovány na jeden zdvih. Drsnost povrchu je v rozmezí Ra 3,2 až 6,3 μm a přesnost se pohybuje mezi IT12 a IT14, pro přesnou součást je dostačující.



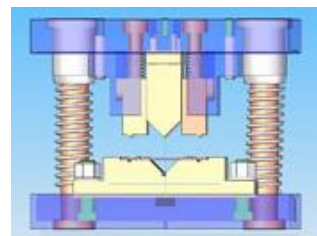
Obr. 6 Postupový stříhací nástroj [25]

Druhou částí výroby je ohýb do požadovaného tvaru, který lze provést například pomocí technologiemi

- Ohýbání - (obr. 7) umožňuje změnu tvaru bez podstatné změny přetahu. Nahrazuje ohýbání na konvenčních nástrojích. Pokud se součást skládá z více ohýbů, je na jeden zdvih lisu zhotoven každý ohýb na součásti. Nástroj se skládá z pohyblivého razníku a dolní nepohyblivé univerzální matrice. Obě tyto části jsou vyměnitelné. Ohýbání je prováděno na CNC ohýbacích lisech. Software, kterým jsou stroje vybaveny umožňuje například zpětnou kontrolu ohybu a také přesné rozměry rozvinutého tvaru. Vhodné pro dlouhé ohyby, limitované rozměry lisu. Nevýhodou je nutnost předem definovaného polotovaru o konkrétních rozměrech, nelze využít svítku nebo pásu plechu.
- Ohýbání - proces, při kterém dochází k trvalé deformaci materiálu na definované úhly vlivem ohybového momentu. Nástroje jsou určeny pro méně komplikované ohyby do tvaru "U" nebo do tvaru "V" (obr. 8) a pro malé výrobní série. Nástroj se skládá z pohyblivého ohybníku a pevné ohybnice upnuté na základové desce. Výhodou je, že není potřeba kvalifikovaná obsluha, nevýhodou je vyšší pořizovací cena.



Obr. 7 Ohýbání [7]



Obr. 8 Ohýbadlo do tvaru "V" [5]

Jako nejvýhodnější je po zhodnocení uvedených výrobních možností zvolit stříhání a ohýbání v konvenčním nástroji. Jelikož se jedná o sériovou výrobu, bude vhodné sloučit tyto technologie do jednoho nástroje.

Je vhodný z hlediska ekonomiky, ale i kvůli nejmenším vedlejším nákladům. Sdružený nástroj (obr. 9) je konstruován pro sdružení více operací najednou, například stříhání a ohýbání. Sdružený postupový nástroj je vhodný pro velké série. Díky tomu, že všechny pracovní úkony jsou prováděny v jednom nástroji, jsou sníženy výrobní náklady součástí. Na technologii stříhání a ohýbání ve sdruženém nástroji bude záležet následující teoretická i praktická část práce.



Obr. 9 Sdružený postupový nástroj [20]

2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ [2], [12], [28], [31]

Mezi nejpoužívanější technologie zpracování plechů se řadí stříhání a ohýbání, kterými lze vyrobit finální výrobek nebo polotovary určené k dalšímu zpracování. Nástroje pro obě tyto metody se skládají z pohyblivé a pevné části. Pohyblivá část (stříhák, ohýbník) silou působí na plech, který je umístěn na pevné části (stříhací, ohýbníci) zajišťující polohu součástí. Při procesu stříhání je materiál oddělen působením smykového namáhání a při ohýbání dochází k trvalé deformaci vlivem sil a ohybových momentů. Oba tyto technologické procesy budou probíhat zároveň ve sdrúženém nástroji. Nevýhodou je poměrně vysoká cena, ale naopak výhodou je potřeba pouze jednoho pracoviště, čímž dochází ke snížení nákladů na manipulaci s materiálem. Není potřeba kvalifikovaná obsluha a lze vyrábět jednoduché i složitější díly.

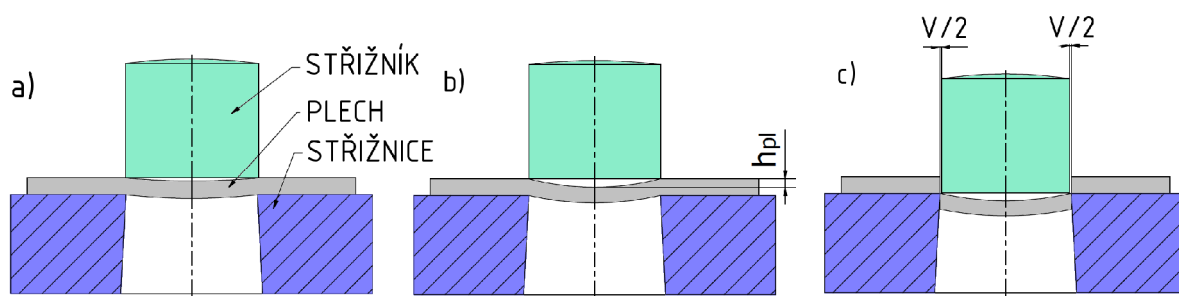
2.1 Stříhání [2], [4], [23], [38]

Stříhání je proces, při němž je materiál oddělen smykovým namáháním. Vznik otvoru v materiálu, jehož vystřihnutá část tvoří odpad se nazývá odrovnání. U vystřihování se jedná o získání tvaru, který tvoří samotný výstřih. Proběh lze rozdělit na tři základní fáze.

V první fázi (obr. 10a) dochází k vyvolání napětí tím, že stříhák tlačí na plech. Toto napětí je menší než mez kluzu, a proto dochází pouze k pružné deformaci. Hloubka vniku stříháku do materiálu se pohybuje v rozmezí 5 až 8% jeho tloušťky, závisí to na mechanických vlastnostech. Výsledkem je pásmo zaoblení na stříhací ploše, která právě vzniká.

Druhá fáze (obr. 10b) se nazývá pásmo vlastního stříhu, nastává, jakmile napětí přesáhne mez kluzu, dochází ke vzniku plastických (trvalých) deformací. Hloubka vniku stříháku do materiálu (h_{pl}) bývá 10 až 25% tloušťky plechu.

Třetí fáze (obr. 10c) se nazývá pásmo utržení. Materiál je namáhán napětím nad mezí pevnosti ve stříhu. Nejdužně vznikají trhlinky u hran stříháku a stříhací, šíří se velmi rychle a nakonec dojde k oddělení výstřihu. Výstřih se oddělí dříve než projde stříhák až dolů. Rychlost šíření trhlinek závisí na velikosti stříhací vlny (v) a mechanických vlastnostech, v měkkém a houbovitějším materiálu se trhlinky šíří pomaleji než ve tvrdém a křehkém.



Obr. 10 Proběh stříhu [14]

Při procesu je třeba dodržet, aby mezi stříhacími a stříhacím byla dostatečná vlna v , což je oboustranný rozdíl jejich jmenovitých rozměrů, jednostranný rozměr se pak nazývá stříhací mezera ($v/2$). Musí být zabezpečeno aby vždy stříhák zapadl do stříhací. Ovlivňuje trvanlivost břitů, vznik ostřin, kvalitu stříhacích ploch a spotřebu energie, stříhací sílu. K nepřetržitému navýšení síly dochází při změně vlny, stříhací práce je však v tu chvíli o 40%. Velikost vlny se určuje podle konečného rozměru výstřihu a to buďna úkor stříhací, která je menší při odrovnání nebo stříhání. Ten je menší při vystřihování. Obvykle se uvádí, že se velikost vlny pohybuje v rozmezí 3 až 20% tloušťky materiálu. Její velikost lze ale stanovit i následujícím a hlavně přesnějším výpočtem.

Pro materiál s tloušťkou $s \geq 3 \text{ mm}$:

$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.1)$$

kde: v - stříhová vlna [mm]

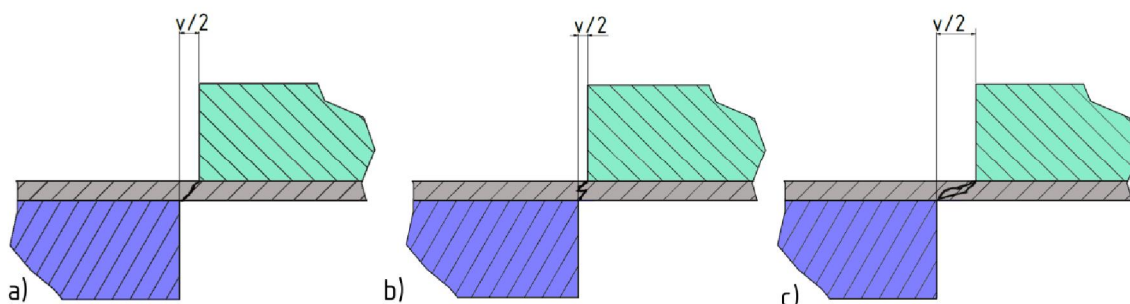
c - součinitel stříhové vlny, který se volí v rozmezí 0,005 až 0,035 [-]

s - tloušťka plechu [mm]

τ_s - pevnost materiálu ve stihu $(0,75 \text{ až } 0,8) \cdot R_m$ [MPa]

kde: R_m - mez pevnosti stříhaného materiálu [MPa]

Ke správnému usmýknutí stříhové plochy dojde, když se trhliny při zvolené stříhové vlně setkají (obr. 11a). Když je stříhová vlna malá (obr. 11b), vznikne zádrh na stříhové ploše a tím dojde ke zhoršení kvality stříhové plochy. Naopak když je stříhová vlna velká (obr. 11c), tak způsobuje velkou deformaci v první fázi stříhu, při které dochází k částečnému vtahování materiálu do stříhové mezery a tím dochází ke zvýšení namáhání stříhových hran bočními silami, navýšení stříhové síly a k nekvalitní stříhové ploše.



Obr. 11 Vliv stříhové vlny na tvorbu stříhové plochy [4]

2.1.1 Rozmístění výstřihů na pásu [2], [19], [22]

Umístění a orientace výstřihů na ploše pásu plechu ustříhaného z tabule nebo svitku se volí takové, aby bylo dosaženo maximálního využití materiálu a pokud je třeba, tak i snadného zpracování v následujících technologiích. Také je potřeba dosáhnout funkční spolehlivosti součástí, což je rovinná přesnost výstřihu, kvalita povrchu apod. Jelikož materiál má tvořit až 75% celkových nákladů, je potřeba aby byl vzniklý odpad co nejmenší.

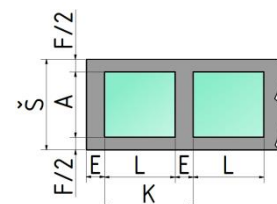
V hromadné a sériové výrobě je vhodné používat plechy ve svitcích, a to z důvodu automatizovaného podávání. U menších výrobních sérií se jednotlivé pásy stíhají na tabulových nůžkách z tabule plechu.

Pokud využití materiálu nepřesahuje hodnotu 60%, měl by se upravit tvar výstřihu nebo jeho orientace na pásu. Příklady uspořádání výstřihů jsou uvedeny obr. 12.

Je nutné, aby byla mezi jednotlivými výstřihy vytvořen stesk 'E', jeho šířka je závislá na druhu a tloušťce materiálu, způsobu podávání a na výšce 'A' a šířce 'L' výstřihu. Způsob rozložení a rozměry výstřihu lze vidět na obr. 13.

Typ stříhu	s přepážkou	bez přepážky
Přímý		
Jednořadý		
Víceřadý		
Šikmý		
Vstřícný		

Obr. 12 Seskupení výstřihů [9]

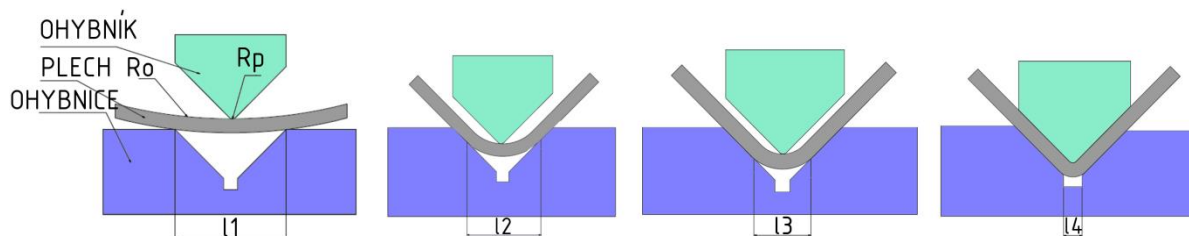


Obr. 13 Přepážky a boční odpady

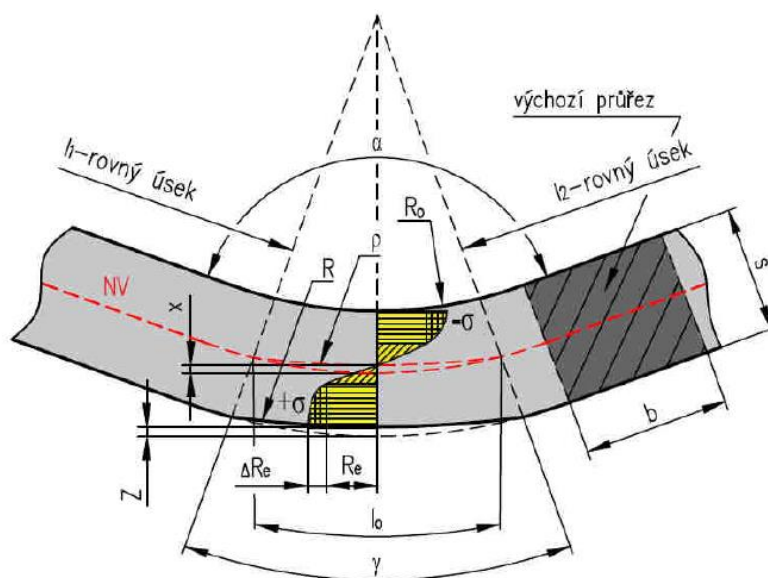
2.2 Ohýbání [2], [11], [12], [14], [23]



Ohýbání je proces tváření, při kterém je vlivem ohybových momentů a sil materiál trvale deformován do určitého úhlu ohybu s větším nebo menším zaoblením hran. K ohýbání jsou používány nástroje, které se nazývají ohýbadla, skládají se z ohybníku a ohybnice. Ohýbání vyvolává stejných zákonů plasticity jako ostatní způsoby tváření, oblasti plastické deformace se dosáhne překročením meze kluzu. Plastická deformace je doprovázena elastickou, po přetnutí je rozložena na plastickou, která má větší podíl od povrchu k neutrální ose. Zatímco na vnitřní straně ohybu vznikají tlakové napětí, kde se materiál v podélném směru stlačuje a v příčném směru roztahuje, tak naopak na vnější straně se v podélném směru roztahuje a v příčném zužuje vlivem tahových napětí. Při ohýbání do tvaru "V" je znázorněno na obr. 14. Je vidět, že rameno ohybu l_1 , se stejným jako R_0 v průběhu ohýbání postupně zmenšuje.

Na obr.15 je znázorněno rozložení napětí a deformace v ohýbaném průřezu. V místě, kde se mění tlakové napětí na tahové napětí se nachází vrstva bez napětí (tzn. i bez deformace). Tato plocha se nazývá neutrální. Při ohýbání s malým poloměrem ohybu přesouvá střed k vnitřní straně ohybu a je důležitá i určení délky výchozího polotovaru součástí.



Obr. 14 Průběh ohýbání do tvaru "V" [23]



-  oblast pružné deformace
-  oblast plastické deformace se zpevněním ΔR_e
- x - velikost posunutí neutrální vrstvy (NV) od původní osy průřezu

- R_0 - poloměr ohybu
- l_0 - délka ohnutého úseku v NV
- ρ - poloměr neutrální vrstvy
- γ - úhel ohnutého úseku
- α - úhel ohybu

Obr. 15 Schéma ohýbání [11]

Je potřeba také stanovit výchozí délku polotovaru, která je zalomena na poloze a délce neutrální vrstvy v místě ohybu, ale také na délkách rovných úsek, kde lze tuto hodnotu odečíst z výkresu, jelikož se délka neutrální osy nemění.

Poloměr neutrální vrstvy v ohnuté části pro široké pásy ($b > 3 \cdot s$):

$$\rho = R_o + x \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (2.2)$$

kde: R_o - poloměr ohybu [mm]

x - souinitel posunutí neutrální plochy (tab. 2) [-]

Tab. 2 Hodnoty souinitele x

R_o/s	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4	6
x	0,32	0,35	0,38	0,43	0,445	0,47	0,475	0,48

Pomocí poloměru neutrální vrstvy lze určit délku ohnuté části v místě ohybu:

$$L_o = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (R_o + x \cdot s) \quad (2.3)$$

kde: L_o - délka oblouku neutrální vrstvy [mm]

α - úhel ohybu [°]

Výchozí délka polotovaru je tedy určena jako součet délek rovných úseků a délek oblouků v místech ohybu pro neutrální osu.

Při procesu ohýbání je také důležité znát minimální a maximální poloměr ohybu. Minimální je definovaný jako nejmenší dovolený poloměr, při kterém ještě nedochází k porušení materiálu a v případě jeho překročení by došlo na tahové straně ohybu k porušení materiálu. Vypočítá se ho pomocí vztahu:

$$R_{\min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_m \cdot s \quad (2.4)$$

kde: c_m - koeficient materiálu, volí se v rozmezí 0,5 až 0,6 [-]

R_{\min} - minimální poloměr ohybu [mm]

ε_c - mezní prodloužení [mm]

$$\varepsilon_c = \frac{s}{2 \cdot R_{\min} + s} \quad (2.5)$$

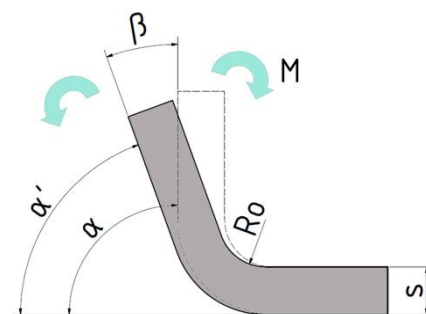
Naopak u maximálního poloměru ohybu se jedná o poloměr, který je dán nutností, aby v krajních vláknech ohýbaného prutu vznikly trvalé deformace. Při elastické deformaci se ohýbaný polotovaru narovná. Tento poloměr se určí dle:

$$R_{\max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{Re} - 1 \right) \quad (2.6)$$

kde: E - modul pružnosti v tahu [MPa]

2.2.1 Odpružení [11], [14], [29]

Při ohýbání dochází ke změně velikosti namáhání, avšak ne ve všech vláknech dochází k překročení napětí nad mez kluzu, což způsobí, že se materiál snaží vrátit do původního stavu, a to o úhel odpružení, který je znázorněn na obr.16.



Obr.16 Schéma odpružení při ohybu [15]

Úhel odpružení p i ohýbání do tvaru V se určuje pomocí:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l_o}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \quad (2.7)$$

kde: β - úhel odpružení $[\circ]$

l_o - rameno ohybu [mm]

R_e - mez kluzu materiálu [MPa]

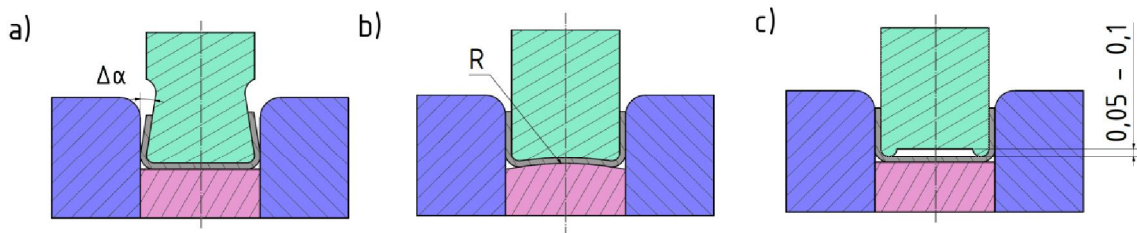
k_o - souinitel určující polohu neutrální plochy (tab. 3) [-]

Tab. 3 Určení souinitele k_o [29]

R/s	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6
k_o	0,68	0,65	0,62	0,58	0,54	0,53	0,52	0,52	0,52

Při každém ohýbání vzniká odpružení, s kterým se musí počítat při konstrukci nástroje, nástroj tedy musí být schopen provést ohyb větší o velikost odpružení. Velikost odpružení ovlivňuje mechanické vlastnosti a tloušťka materiálu, také úhel a poloměr ohybu.

Odpružení je třeba eliminovat, což je možné několika způsoby, například podbroušením ohybníku (obr. 17a) pod úhlem β v rozsahu (0,8 až 0,9) $\cdot s$. Také zaoblením spodní části ohybnice nebo vyhazovače (obr. 17b) anebo kalibrace rohů v místě ohybu (obr. 17c).



Obr.17 Způsoby odstranění odpružení [14]

2.3 Síla a práce [4], [14], [22] [23], [29]

Při procesu výroby je nutné znát sílu a práci, které jsou potřeba pro zhotovení součásti, a to proto, aby se podle síly a práce navrhují nástroje a volí stroj. Výroba bude v tomto případě probíhat v nástroji sdruženém, a to znamená, že se celková síla a práce vypočítají jako součet jednotlivých složek.

Vztah pro celkovou sílu:

$$F_C = F_s + F_{co} \quad (2.8)$$

kde: F_C - celková síla [N]

F_s - statická síla [N]

F_{co} - celková ohybová síla [N]

Statická síla vzniká působením statických dvojic na materiál. Na začátku stihu vzniká pružné vniknutí. Po překročení meze kluzu nastává plastická deformace, v této oblasti prudce roste statická síla z důvodu lokálního zpevnění, čímž roste statický odpor. Nárůst síly se zastaví při dosáhnutí maxima ve stihu, kdy vznikne první nástih. Následuje mírný plynulý pokles statické síly až po dosažení hloubky vniku statického h_s , kdy dochází k úplnému lomu. Tento lom má obvykle tvar "S" křivky. Po vzniku úplného lomu a při následném oddalování výstřiku se velikost statické síly výrazně snižuje. Takový průběh síly platí pro houževnatý materiál. U křehkých nastává porušení už při malém vniknutí statického. Velikost statické síly ovlivňuje statická mezera, která způsobuje ohybový moment vzniklými silami do statického a statické.

Střížnou sílu lze určit vztahem:

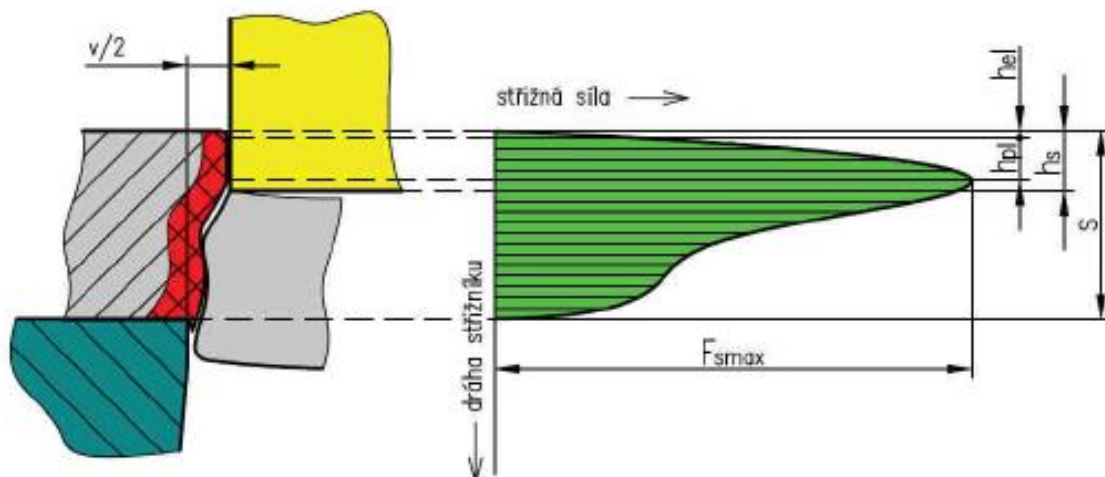
$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s \quad [\text{N}] \quad (2.9)$$

kde: n - koeficient otupení nástroje (1,25 až 1,5) [-]

l_s - délka stříhu [mm]

S - plocha stříhu [mm²]

$$S = l_s \cdot s$$



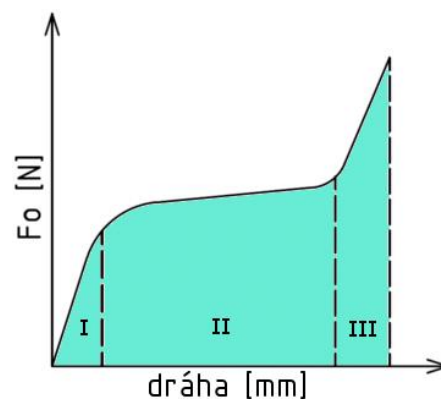
Obr. 18 Průběh střížné síly [14]

Ohybová síla je dále velmi důležitou veličinou, její průběh je na obr. 19 znázorněn pomocí tří oblastí. Na velikost první (I) mají vliv mechanické vlastnosti materiálu, síla prudce roste v oblasti elastických deformací. Ve druhé (II) se po překročení meze kluzu z elastických stanou plastické, což trvá nejdéle. Síla roste minimálně až do oblasti kalibrování (III), kde opět prudce vzroste. Lze ji vypočítat dle vztahu:

$$F_o = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \lg\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.10)$$

kde: F_o - ohybová síla [N]

b_o - šířka ohýbaného pásu [mm]



Obr. 19 Průběh ohybové síly [23]

Tuto sílu lze navýšit o tzv. kalibrační složku, která je oproti ohybové několikrát násobně větší a zvyší přesnost výsledného výrobku. Jestliže se při ohýbání používá pidrflůva, tak se celková síla pro ohýb do tvaru "V" vypočte dle vztahu:

$$F_{co} = F_o + F_k + F_p \quad (2.11)$$

kde: F_k - kalibrační síla, $F_k = (2,0 \text{ až } 2,5) \cdot F_o$ [N]

F_p - pidrflovací síla, $F_p = (0,25 \text{ až } 0,3) \cdot F_o$ [N]

Pro zhotovení součástky je také třeba vykonat práci. Celková práce se bude v tomto případě skládat ze střížné a ohybové. Vztah pro celkovou práci je:

$$A_c = A_s + A_o \quad (2.12)$$

kde: A_c - celková práce [J]

A_s - střížná práce [J]

A_o - ohybová práce [J]

Velikost stíhací práce představuje plocha pod křivkou stíhací síly, v závislosti právn na stíhací síle a dráze stíhání (obr. 18) a je určena vztahem:

$$A_s = \frac{\lambda \cdot F_s \cdot s}{1000} \quad [\text{J}] \quad (2.13)$$

kde: λ - součinitel zaplnění diagramu, $\lambda = (0,4 \text{ až } 0,7)$ [-]

Velikost ohybové práce bude vypočtena dle:

$$A_o = \frac{F_o \cdot h \cdot \psi}{1000} \quad [\text{J}] \quad (2.14)$$

kde: h - dráha ohybníku [mm]

ψ - součinitel plnosti diagramu, $\psi = (0,5 \text{ až } 0,65)$ [-]

2.3.1 Tíhací síla

Výpočet tíhací působících sil je důležitý pro konstrukci nástroje, určuje polohu stopky a tedy i sestavení desky lisu. Pokud by stopka nebyla umístěna správně, mohly by vzniknout klopné momenty, které ovlivní přesnost výroby a mohou poškodit stroj.

Tíhací působí ve směru osy x (směr posunu pásu) a y (kolmé na směr x) lze vypočítat dle vztahů:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F_c} \quad (2.15)$$

kde: x_c - souřadnice tíhací v ose x [mm]

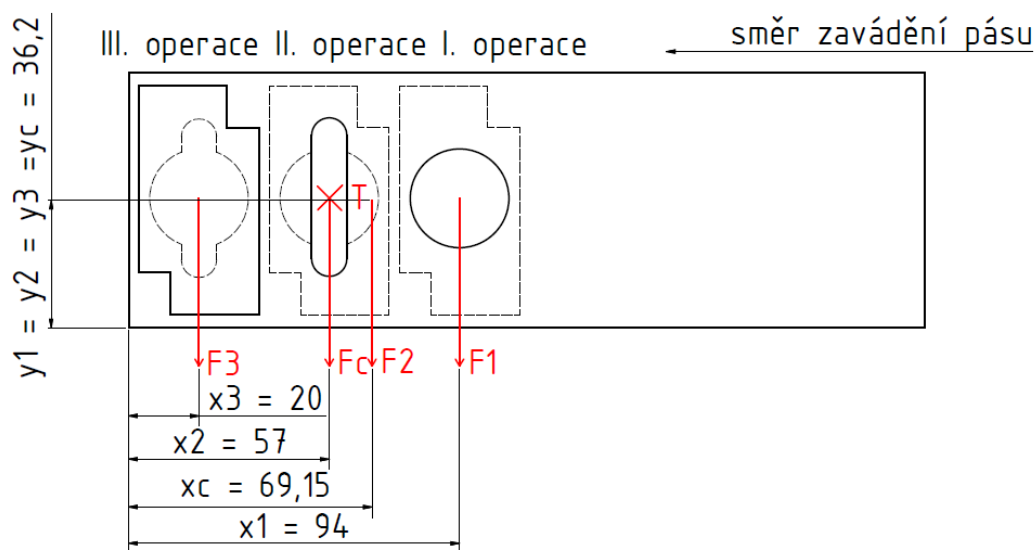
n - počet operací [-]

F_i - síla jedné operace [N]

x_i - poloha tíhací jedné operace v ose x [mm]

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{F_c} \quad (2.16)$$

kde: y_c - souřadnice tíhací v ose y [mm]

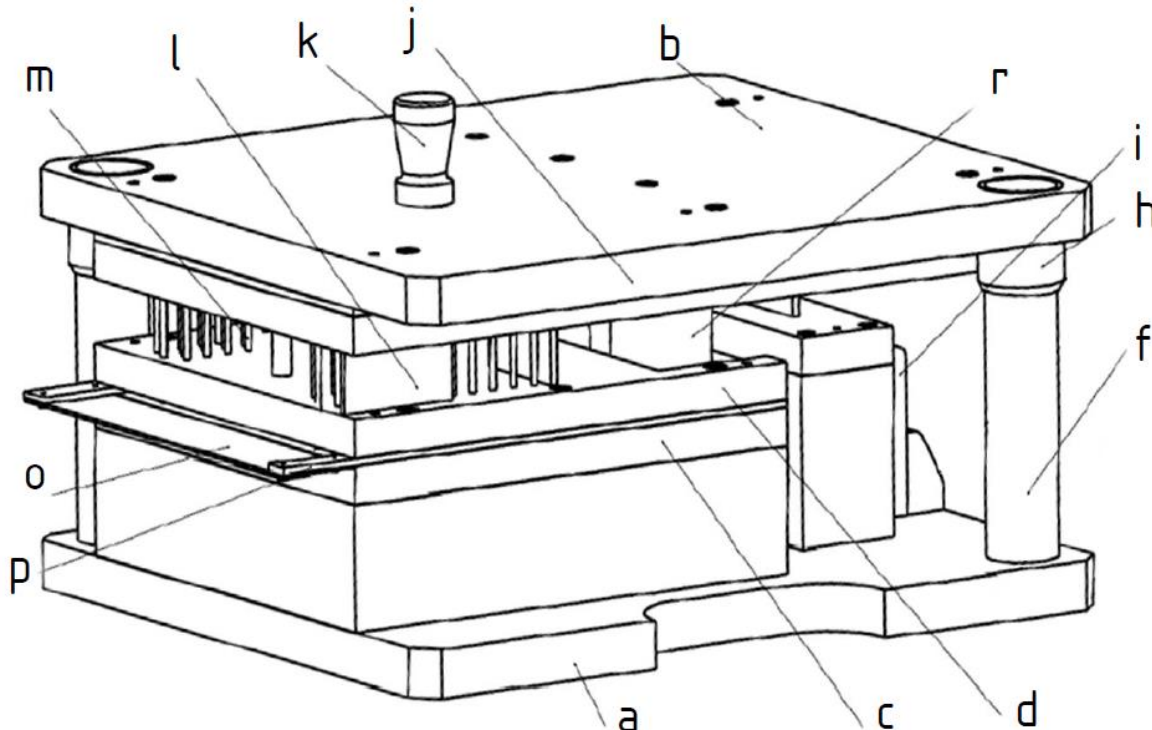


Obr. 20 Příklad určení polohy tíhací

2.4 Nástroje [14], [18], [19], [29]

Konstrukce nástroje má velký vliv na kvalitu výrobku. Používají se zejména normalizované části, jejich výhodou je v ceně a vyměnitelnosti v případě poškození některé z nich. Sdrufelný nástroj (obr. 21) se skládá z dílů pro stříhání a ohýbání, ale i ze společných jako jsou například dorazy, které zajišťují správnou polohu polotovaru, stopky nebo vodící stojany.

Vodící stojan je základem celého nástroje, je tvořen ze základové 'a' a upínací desky 'b', vodících sloupků 'f' pohybujících se ve vodících pouzdrech 'h'. Základová deska slouží k ukotvení stříhací 'c' a ohýbnice 'i', a to pomocí normalizovaných šroubů a kolíků. Dále se v ní nacházejí otvory pro odstříhání plechu - odpad. K upínací desce je závitem připevněna stopka 'k' a kotevní deska 'j', která slouží k upevnění pohyblivých funkčních částí nástroje, stříhací 'l' a 'm' a ohýbníku 'r'. Počet sloupků závisí na pořadovaných podmínkách, mohou být 2 pro menší nástroje nebo 4 pro větší.

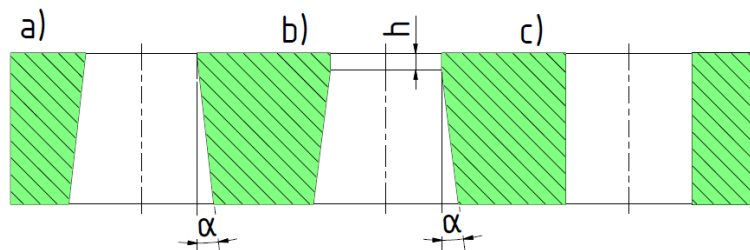


Obr. 21 Postupový sdrufelný nástroj [17]

Stopka je umístěna v těžišti výsledné tvárcí síly, slouží k upevnění nástroje do beranu lisu. Může být upevněna závitem nebo osazením.

Stříhací se upevňují do kotevní desky. K dosažení správného průběhu stříhu, pořadované kvality a dostatečné životnosti musí splňovat předpoklady jako jsou: kolmost upevnění, tuhost, odolnost vůči bočním a stíracím silám. Lze je rozdělit na vystřihovací, odstřihovací, dořezací apod. Také se dělí podle způsobu upínání nebo tvaru přezu. Mohou být uchyceny za válcovou nebo kufelovou upínací hlavu, pomocí šroubu, kolíku nebo kulíky.

Stříhací se umísťuje na základovou desku. Vyrábí se různé tvary stříhacích hran. Kónické otvory (obr. 22a) se používají při vystřihování malých součástí v malosériové výrobě se střední přesností. Stříhací se fazetkou (obr. 22b) se volí, když jsou kladeny větší pořadavky na přesnost nebo je obvod součásti komplikovaný. Válcová nebo prizmatická stříhací (obr. 22c) se využívá při stříhání s vyhazováním. Na stříhací se nachází dva vodící lišty 'p' podepřené opěrným plechem 'o' a na něm vodící deska 'd'.



Obr. 22 Geometrie otvor ve střílnici [29]

Ohybník je pohyblivá elist, p ípevn uje se ke kotevní desce, funk ní hrany ohybníku se zu-lech ují kalením a následným le-t ním. Jeho íka by m ly být stejná nebo v t-í nejl íka ohýbaného materiálu.

Ohybnice je pevná elist nástroje, upíná se na základovou desku. Z konstruk ního hlediska je složit j-í nejl ohybník. Pro úsporu materiálu m fle být vyrobena s vložkami. Nep esn upnutý nástroj nebo velikost v le m fle ovlivnit pesnost ohybu nebo délku výsledných ramen. Posunu materiálu lze zabránit použitím vy-í síly p idrřlova e nebo zaji-t ním polotovaru kolíkem.

2.5 Stroje [30], [35]

Tvá ecí stroje slouží k realizaci technologického tvá ecího procesu, který vede k trvalému p etvo ení polotovaru. Samotný tvá ecí proces je provád n nástrojem upnutým v pracovním prostoru stroje, který se obvykle skládá z pevného stolu a pohyblivého beranu. Beran vykonává pohyb mezi horní a dolní úvratí stroje. V po áte ní poloze má nulovou rychlost, ke zvy-ování rychlosti dochází p i pohybu sm rem dol . Vyvozená síla zp sobí plastickou deformaci, v dolní úvratí stroje je znovu nulová rychlost a tím je proces tvá ení ukon en.

Pro plo-né tvá ení se pouíívají stroje mechanické (zdvihové), které vyuíívají kinetickou i potencionální energii. Pat í mezi n nap . klikové, výst edníkové (obr. 23) kolenové, kloubové, h ebenové a řoubové lisy. Síla a rychlosti beranu je u t chto stroj závislá na jejich zdvihu, je vyvozená klikovým mechanismem. Vzhledem k tomu, fle tvá ecí síla je u t chto stroj dostupá afl t sn p ed dolní úvratí, je nutné provést p i pouíítí kontrolu, aby nedo-lo k p etíílení lisu, které by vedlo k jeho zastavení nebo po-kození. Lisy jsou vybaveny pojistkami proti p ekro ení jmenovité tvá ecí síly.

Dal-ím typem stroj vhodných pro tvá ení jsou stroje silové, které na polotovar p sobí silou o malé rychlosti. Nej ast j-ími zástupci jsou hydraulické lisy (obr. 24). Pracují na principu rovnom rného p sobení tlaku ve v-ech sm rech. Sílu pot ebnou k p etvo ení polotovaru vytvá í hydraulický mechanismus. U operací, u kterých je nutné zajistit konstantní velikost tvá ecí síly se vyuíívají práv tyto lisy. Mezi výhody se ádí p edev-ím možnost nastavení pracovní rychlosti nebo také možnost vyvodit sílu p i jakémkoliv zdvihu. Nevýhodou je složit j-í konstrukce, vy-í náklady a pomalý chod beranu.



Obr. 23 Výst edníkový lis [35]



Obr. 24 Hydraulický lis

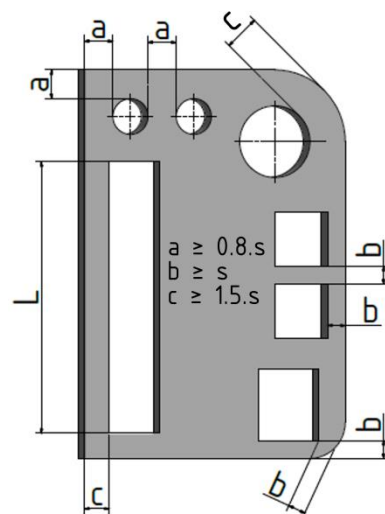
2.6 Technologická nosnost [3], [10], [19], [23], [29], [36]

Pojem technologická nosnost znamená souhrn konstrukčních prvků, pomocí kterých je výroba co nejhospodárnější a nejjednodušší, je tedy potřeba, aby při výrobě byly splněny všechny konstrukční požadavky a vznikl co nejmenší odpad.

Vlivem vstupních náklad tvoří při stáhnutí a ohýbání vstupní materiál a proto se musí jeho objem snížit na minimum - to se zajistí úpravou nástrojového plánu. Na náklady má vliv i pořizovací cena materiálu a proto je vhodné zvolit co nejlevnější materiál, který ale splní požadované vlastnosti.

Při konstrukci výstřelku musí být brány v potaz tyto zásady:

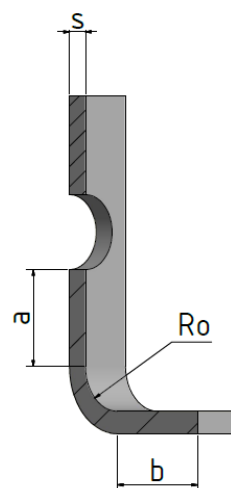
- materiál by měl být dobře zpracovatelný a levný materiál s vhodnou kvalitou povrchu a požadovanými vlastnostmi
- výstřelek by měl být funkční, jednoduchý na výrobu a mít nízkou spotřebu materiálu
- z důvodu levnější výroby mají přednost kruhové otvory
- vyřezávání by se měla popisovat pouze u rozměrů, které ovlivní funkci vyráběné součásti, protože zvyšují náklady na výrobu
- je vhodné, aby výstřelky měly mít sraflené nebo zaoblené hrany vnitřního obrysu
- nepopisuje se kolmost střílné plochy
- nepopisovat drsnost povrchu střílné plochy menší, než je drsnost usměrňované plochy ($Ra\ 3,2$ a $6,3\ \mu m$), pokud to není nezbytné
- vlivem ohybového momentu se tloušťka dodrfluje rovinnost výstřelku, a to zvláště u tvárných plechů, proto je vhodné ji nepopisovat
- je nutné dodržovat minimální vzdálenosti mezi otvory navzájem a mezi otvory a okraji, které jsou zobrazeny na obr. 25, to platí pro střední tvrdou ocel.



Obr. 25 Vzdálenost mezi střílnými obrysy [4]

Také je potřeba zmínit faktory, které ovlivní technologii nosnosti součástí vyráběných ohybem, a to:

- volit osu ohybu kolmo na směr vláken, pokud tuto podmínku nelze splnit, tak zvolit minimální poloměr ohybu
- když má ohýbaná součást dlouhá ramena, musí být zabrán posuvu materiálu na stranu delšího ramene
- ostré ohyby lze zhotovit pouze dodatečnou kalibrací, je ale potřeba počítat, že místo ohybu dojde k zeslabení plechu, a tak se nejprve musí vytvořit potřebný objem kovu navíc
- v místě ohybu se doporučuje provést prolisy, především u součástí s velkým poloměrem ohybu
- minimální vzdálenost okraje otvoru od ohybu musí být $a \times 2 \cdot s$ (obr. 25)
- minimální délka ohýbaného ramene musí být $b \times 2 \cdot s$ (obr. 26).



Obr.26
Technologie nosnosti
ohnuté součástky
[23]

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Zapadací plech (obr. 28), bude vyráběn o oceli 11 321 tloušťky 1,5mm. Velikost roční výroby je stanovena na 35 000 ks/rok. Byla zvolena výroba pomocí sdrůženého nástroje, kde odpadají asy na manipulaci mezi pracovišti a díky tomu se snižují výrobní náklady.

Navržený tvar součásti splňuje všechny zásady technologičnosti, nemá předepsané žádné přesné rozměry, vyhovuje z hlediska minimální vzdálenosti mezi otvory i od okraje. Otvory o $\varnothing 4$ mm vyhovují pravidlu nejmenšího průměru, stejně tak obdélníky, pravidlu vzdálenosti otvorů. Technologičnost z hlediska ohybu bude ověřena následujícími výpočty:

Minimální vzdálenost okraje od otvoru (obr. 27)

$$a \geq 2 \cdot s \rightarrow 3,2 \geq 2 \cdot 1,5 \rightarrow 3,2 \geq 3$$

Minimální délka ohýbaného ramene (obr. 27)

$$b < 2 \cdot s \rightarrow 7,7 < 2 \cdot 1,5 \rightarrow 7,7 < 3$$

Pro výpočty které budou provedeny v praktické části této práce je důležité znát délku rozvinutého tvaru součásti, bude vypočtena pomocí vzorce (2.3):

$$L_o = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (R_o + x \cdot s) = \frac{\pi \cdot 90}{180} \cdot (0,8 + 0,38 \cdot 1,5) = 2,1 \text{ mm}$$

kde: R_o - poloměr ohybu = 0,8 mm

s - tloušťka plechu = 1,5 mm

- úhel ohybu = 90°

x - souinitel stanovený dle tab. 2

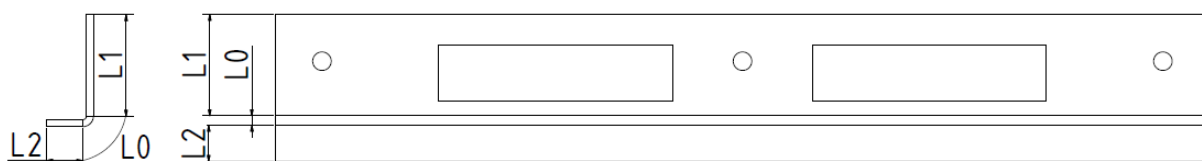
$$R_o / s = 0,8 / 1,5 = 0,5 \text{ mm}$$

Z tab. 2 plyne že pro poměr $R_o/s = 0,5$ mm je souinitel $x = 0,38$

Celková délka bude vypočtena součtem délek ramen a oblouku (obr.29)

$$L_c = L_1 + L_o + L_2 = 21,7 + 2,1 + 7,7 = 31,5 \text{ mm} \quad (3.1)$$

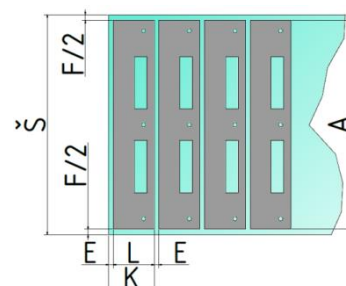
Rozměry rozvinutého polotovaru budou tedy 31,5 x 200 mm.



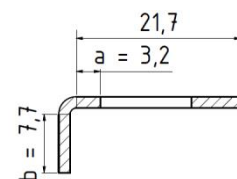
Obr. 29 Rozvinutý tvar součásti

3.1 Umístění výstřihů v nástřihovém plánu a volba polotovaru

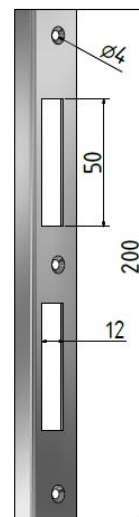
Jako výchozí polotovar je možné použít tabule nebo plech s tloušťkou 1,5 mm, které jsou dostupné ve více formátech nebo svítek. Z hlediska vyrobiteľnosti lze uvažovat pouze jedinou variantu (obr. 30) nástřihového plánu, a to kolmo na závažný pás. Umístění ve směru pásu (obr. 31) by znamenalo velké vzdálenosti mezi jednotlivými kroky, a tím i větší délku nástroje a složitější konstrukci. Pro výrobu bude nejdříve uvažováno použití tabule plechu nastřihané na pruhy a to v podélném nebo příčném směru (obr. 32).



Obr. 30 Umístění výstřihů



Obr. 27 Ověření technologičnosti

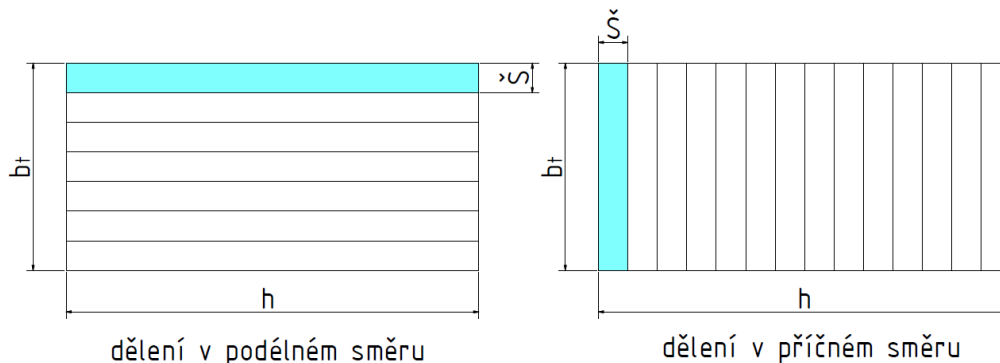


Obr. 28 Zapadací plech k zámku

Pro oba tyto způsoby budou provedeny výpočty. Formáty tabulí plechu s tloušťkou 1,5 mm jsou dostupné v rozměrech 1,5 x 1000 x 2000 mm, 1,5 x 1250 x 2500 mm a 1,5 x 1500 x 3000 mm. Podrobné výpočty budou provedeny pro tabuli plechu o rozměrech $s = 1,5 \text{ mm}$, $h = 1250 \text{ mm}$, $b_t = 2500 \text{ mm}$.



Obr. 31 Umístění výrobku ve směru pásu



Obr. 32 Dělení tabule plechu

TMka pásu bývá určena součtem šířky součástí a velikostí okraje pásu 'F', který bývá volen podle plochy 1, jelikož se vzhledem k sériové výrobě předpokládá použití ostřihovacího strojníku, okraj pásu bude zvolen.

TMka pásu

$$T_M = A + F_{zv} = 200 + 2 = 202 \text{ mm} \quad (3.2)$$

kde: A - šířka součástí = 200 mm

F_{zv} - zvolený okraj = 2 mm

Délka kroku

$$K = L + E = 31,5 + 4,5 = 36 \text{ mm} \quad (3.3)$$

kde: L - délka součástí = 31,5 mm

E - mezeček = 4,5 mm

Počet pásů z tabule

$$n_p = \frac{b_t}{T_M} = \frac{1250}{202} = 6,2 \text{ ks} \quad (3.4)$$

kde: b_t - šířka tabule = 1250 mm

Vzhledem k tomu, že pásy nelze použít jako odstřílky, bude počet pásů z tabule $n_p = 6 \text{ ks}$.

Počet výstřílků z pásu

$$n_{vp} = \frac{l_p}{K} = \frac{2500}{36} = 69,4 \text{ ks} \quad (3.5)$$

kde: l_p - délka pásu = 2500 mm

Počet výstřílků z pásu $n_p = 69 \text{ ks}$, jelikož odstřílky se nepovažují za výrobek.

Počet výstřílků z tabule

$$n_{vt} = n_p \cdot n_{vp} = 6 \cdot 69 = 414 \text{ ks} \quad (3.6)$$

Počet tabulí pro sérii

$$n_t = \frac{N}{n_{vt}} = \frac{35000}{414} = 84,5 \text{ ks} \quad (3.7)$$

kde: N - velikost série = 35 000 ks

Jelikož lze tabule zakoupit pouze v celku, je třeba vypočtený počet zaokrouhlit nahoru, tedy $n_t = 85$ ks.

Plocha tabule plechu

$$S_t = b_t \cdot h = 2500 \cdot 1250 = 3125000 \text{ mm}^2 \quad (3.8)$$

Plocha výstřihku (bez konstrukčních otvorů)

$$S_v = A \cdot L = 31,5 \cdot 200 = 6300 \text{ mm}^2 \quad (3.9)$$

Využití tabule plechu

$$\eta_t = \frac{n_{vt} \cdot S_v}{S_t} \cdot 100 = \frac{414 \cdot 6300}{3125000} \cdot 100 = 83,5 \% \quad (3.10)$$

Využití všech tabulí plechu

$$\eta_{ct} = \frac{N \cdot S_v}{S_t \cdot n_t} \cdot 100 = \frac{35000 \cdot 6300}{3125000 \cdot 85} \cdot 100 = 83 \% \quad (3.11)$$

Tab. 4 Využití různých formátů tabulí plechu

Rozměry tabule [mm]	1000 x 2000		1250 x 2500		1500 x 3000	
Smrštění	podél.	průběž.	podél.	průběž.	podél.	průběž.
E - tloušťka [mm]	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
t_{ML} - šířka pásu plechu [mm]	202	202	202	202	202	202
n_p - počet pásů z tabule [ks]	4	9	6	12	7	14
K - délka kroku [mm]	36	36	36	36	36	36
n_{vp} - počet výstřihků z pásu [ks]	55	27	69	34	83	41
n_{vt} - počet výstřihků z tabule [ks]	220	243	414	408	581	574
S_t - plocha tabule plechu [m ²]	2000	2000	3125	3125	4500	4500
S_v - plocha výstřihku [mm ²]	6300	6300	6300	6300	6300	6300
n_t - počet tabulí pro sérii [ks]	160	145	85	86	61	61
η_t - využití tabule [%]	69,3	76,6	83,5	82,3	81,3	80,4
η_{ct} - využití všech tabulí [%]	68,9	76	83	82	80,4	80,4

Další varianta, kterou lze uvažovat je svitek plechu (obr. 33) o tloušťce $s = 1,5$ mm, který bude dodáván na ezaný na šířku $b_s = 202$ mm, která shoduje se šířkou pásu plechu. Vnější průměr $D_{sv} = 1000$ až 1350 mm a vnitřní $d_{sv} = 610$ mm. Délka kroku $K = 36$ mm a hustota oceli $\rho_{ocel} = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^2$.

Hmotnost svitku

$$m_{sv} = \frac{\pi \cdot (D_{sv}^2 - d_{sv}^2)}{4} \cdot b_s \cdot \rho_{ocel} = \frac{\pi \cdot (1000^2 - 610^2)}{4} \cdot 202 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 777 \text{ kg} \quad (3.12)$$

Délka svitku

$$L_{sv} = \frac{m_{sv}}{b_s \cdot s \cdot \rho_{ocel}} = \frac{777}{202 \cdot 1,5 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6}} = 328763,5 \text{ mm} = 328,8 \text{ m} \quad (3.13)$$

Plocha svitku

$$S_{sv} = L_{sv} \cdot b_s = 328763,5 \cdot 202 = 66410227 \text{ mm}^2 = 66,4 \text{ m}^2 \quad (3.14)$$

Počet výstřihů z jednoho svitku

$$n_{vsv} = \frac{L_{sv}}{K} = \frac{328763,5}{36} = 9132,3 \text{ ks} \quad (3.15)$$

Počet výstřihů z jednoho svitku $n_{vsv} = 9132$ ks, jelikož odstříhnutí se nepovažují za výrobek.

Počet svitků pro sérii

$$n_{sv} = \frac{N}{n_{vsv}} = \frac{35000}{9132} = 3,83 \text{ ks} \quad (3.16)$$

Počet svitků pro sérii $n_{sv} = 4$ ks

Využití svitku

$$\eta_{sv} = \frac{n_{vsv} \cdot S_v}{S_{sv}} \cdot 100 = \frac{9132 \cdot 6300}{66410227} \cdot 100 = 86,6 \% \quad (3.17)$$

kde: S_v - plocha výstřihu = 6300 mm²

Využití všech svitků

$$\eta_{vsv} = \frac{N \cdot S_v}{S_{sv} \cdot n_{sv}} \cdot 100 = \frac{35000 \cdot 6300}{66410227 \cdot 4} \cdot 100 = 83 \% \quad (3.18)$$

Tab. 5 Využití svitků plechu

D_{sv} - vnější průměr [mm]	1000	1100	1150	1300
d_{sv} - vnitřní průměr [mm]	610	610	610	610
m_{sv} - hmotnost svitku [kg]	777	1037	1176	1300
L_{sv} - délka svitku [m]	328,8	438,7	497,6	690,1
S_{sv} - plocha svitku [m ²]	66,4	88,6	100,5	139,3
S_v - plocha výstřihu [mm ²]	6300	6300	6300	6300
n_{vsv} - počet kusů ze svitku [ks]	9132	12188	13821	1915
n_{sv} - počet svitků pro sérii [ks]	4	3	3	2
η_{sv} - využití svitku [%]	86,6	86,6	86,6	86,6
η_{vsv} - využití všech svitků [%]	83	82,9	73,1	79,

Při rozhodování mezi tabulí a svitkem plechu je důležité vzít v potaz nejen využití materiálu, ale i cenu těchto variant. Z tabulky 4 vyplývá, že je nejvýhodnější tabule o rozměrech 1,5 x 1500 x 3000 mm dle lené podél s využitím $\eta_{ct} = 83 \%$. V tabulce 5 lze vidět, že nejvýhodnější svitek je s vnějším průměrem $D_{sv} = 1000$ mm a vnitřním $d_{sv} = 610$ mm, také s využitím $\eta_{csv} = 83 \%$. Přestože je využití shodné, tak z hlediska kratších manipulací a ceny, která je oproti plechu výhodnější o 8 Kč/kg je jako výchozí polotovár zvolen svitek.

3.2 Volba výrobního postupu

Ve všech navržených výrobních postupech bude celá výroba provedena ve sdruženém nástroji, výchozím polotovarem bude svitek plechu.

Varianta A (obr. 34):

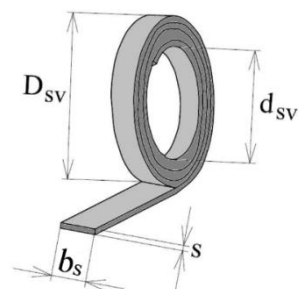
Krok 1 - odstříhnutí okraje v délce kroku a vystříhnutí dvou otvorů Ø 4 mm

Krok 2 - vystříhnutí těchto otvorů 12 x 50 mm

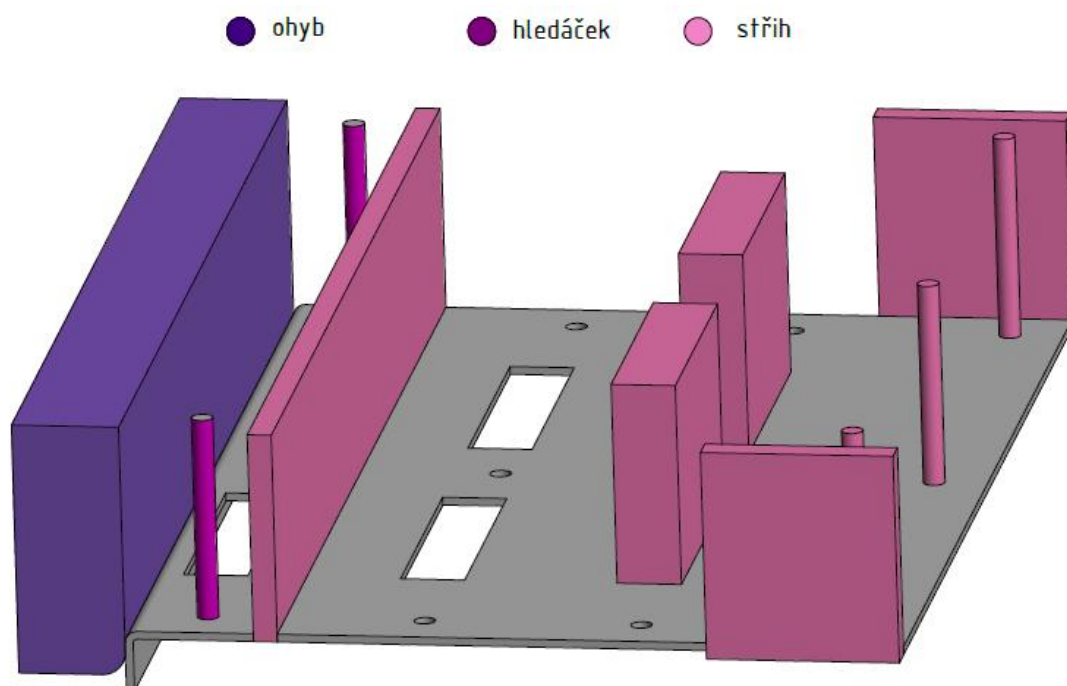
Krok 3 - volný krok

Krok 4 - zahledání dvířka hledáky a následný ohyb pod úhlem 90° a odstříhnutí.

Nevýhodou této varianty jsou široké okraje, kvůli kterým vzniká velký odpad a je nutné použít na jiné dorazy.



Obr. 33 Svitek



Obr. 34 Výrobní postup - varianta A

Varianta B (obr. 35):

Krok 1 - ostřížení polotovaru v délce kroku 36 mm a šířce 2 mm

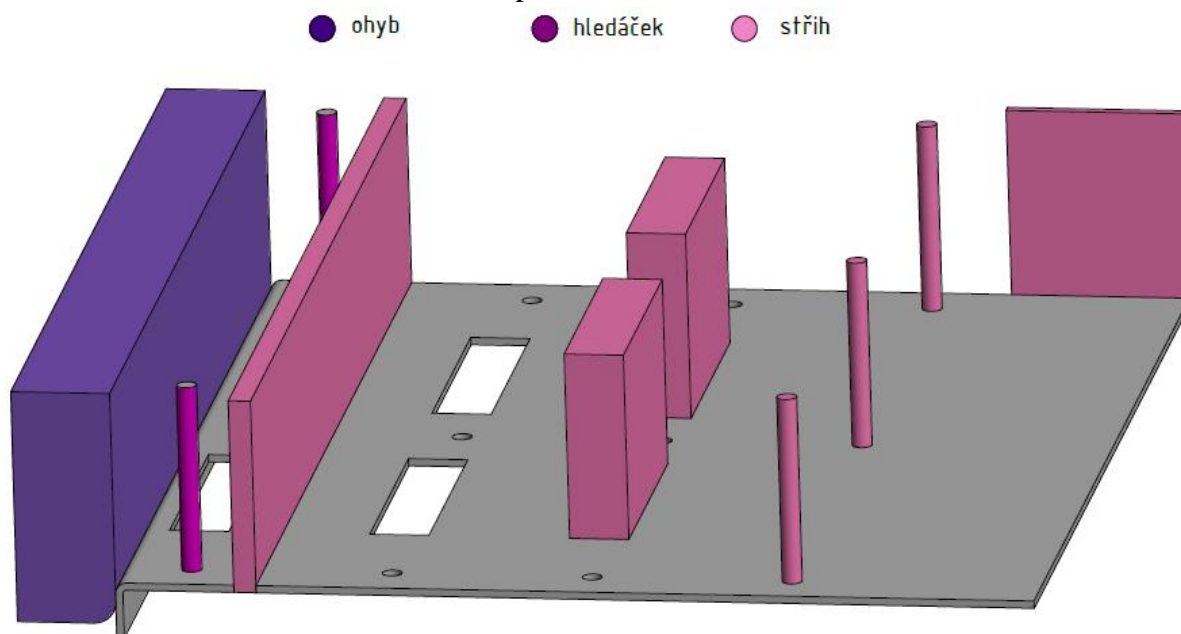
Krok 2 - vystřížení těchto otvorů o $\varnothing 4$ mm

Krok 3 - vystřížení dvou otvorů 12 x 50 mm

Krok 4 - volný krok

Krok 5 - zahledání dvou hledáček, následný ohyb pod úhlem 90° a odstřížení.

V této variantě je odstraněn nedostatek varianty A zvolením uhlího okraje, avšak nevýhodou je vyřízení po et kroku, pro jejich snížení by bylo vhodné zadat vystřížení dvou otvorů 12 x 50 nebo těchto $\varnothing 4$ mm do prvního kroku.



Obr. 35 Výrobní postup - varianta B

Varianta C (obr. 36):

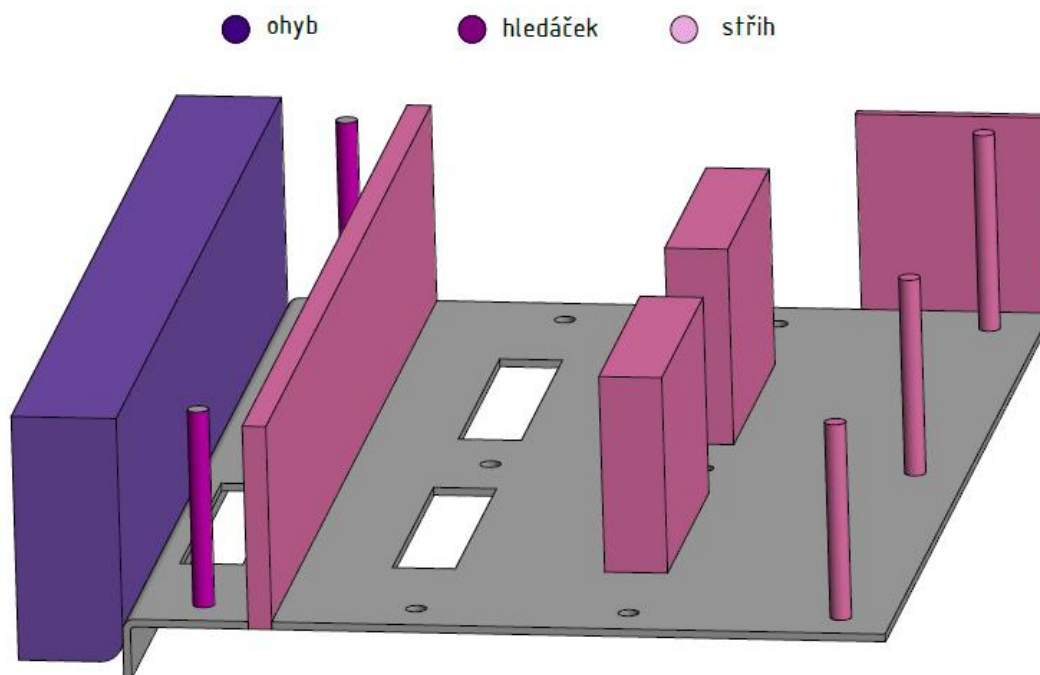
Krok 1 - ostřílení polotovaru v délce kroku 36 mm a šířce 2 mm a vystřílení těchto otvorů o $\varnothing 4$ mm

Krok 2 - vystřílení dvou otvorů 12 x 50 mm

Krok 3 - volný krok

Krok 4 - zahledání dvou máhledáček a následný ohyb pod úhlem 90° a odstřílení

Tato varianta má vhodný počet kroků a zároveň úzký okraj, je zvolena jako nejvýhodnější a bude uvažována i pro následující výpočty.



Obr. 36 Výrobní postup - varianta C

3.3 Výpočty pro stříhovou část

V této části budou provedeny výpočty týkající se stříhové části nástroje a to pro zvolený materiál (kapitola 1), a to 11 321, jehož vstupními parametry jsou tloušťka $s = 1,5$ mm, mez pevnosti v tahu $R_m = 340$ MPa a mez pružnosti $R_e = 220$ MPa, koeficient otupení nástroje $n = 1,3$. Bude stanovena celková stříhová síla a práce, podle níž bude určena konstrukce nástroje.

Napětí ve stříhu

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 340 = 272 \text{ MPa}$$

Velikost stříhové vlny dle vztahu (2.1)

$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} = 2 \cdot 0,32 \cdot 0,015 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{272} = 0,24 \text{ mm}$$

kde: c - souinitel, zvolen = 0,015

Velikost stříhové síly pro dle vzorce (2.9)

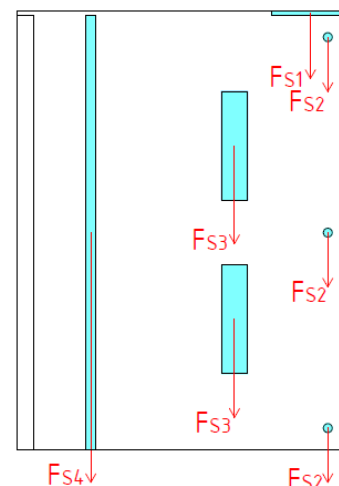
$$F_{Si} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s$$

Pro ostřihovací stříh

$$F_{S1} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot (36 + 2) \cdot 1,5 \cdot 272 = 20155 \text{ N}$$

Pro kruhový stříh $\varnothing 4$ mm

$$F_{S2} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot (\pi \cdot 4) \cdot 1,5 \cdot 272 = 6665 \text{ N}$$



Obr. 37 Působení sil

Pro st ifník 12 x 50 mm

$$F_{S3} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot (2 \cdot 12 + 2 \cdot 50) \cdot 1,5 \cdot 272 = 65\,770\, N$$

Pro odst ihovací st ifník

$$F_{S4} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot (2 \cdot 200) \cdot 1,5 \cdot 272 = 212\,160\, N$$

P sobení jednotlivých sil je znázorněno na obr. 37, jejich součtem se získá celková st ifná síla. V nástroji bude jeden st ifník o rozměrech 36 x 2 mm, tři o Ø 4 mm, dva o rozměrech 12 x 50 mm a poslední odst ihovací s rozměry 200 x 4,5 mm. Celková st ifná práce bude stanovena pomocí této celkové síly F_S :

$$F_S = F_{S1} + 3 \cdot F_{S2} + 2 \cdot F_{S3} + F_{S4} = 20155 + 3 \cdot 6665 + 2 \cdot 65770 + 212160 = 383\,850\, N$$

Velikost celkové st ifné práce, součinitel zaplnění diagramu zvolen $\lambda = 0,5$.

$$A_s = \lambda \cdot F_s \cdot s = \frac{0,5 \cdot 383850 \cdot 1,5}{1000} = 288\, J$$

Je třeba provést kontrolu st ifníku na vzpěr, která se provádí u větších délek a malých průměrů. Navrhovaná délka nesmí být větší než kritická délka, protože by došlo k jeho vybočení, které může být způsobeno velkou st ifnou silou nebo tloušťkou st ifníku. Jde o kontrolu velikosti napětí vznikajícího při stíhání. Tento výpočet bude proveden pro st ifník o Ø 4. Kritická délka st ifníku se vypočte dle:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n_b \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 12,6}{1,7 \cdot 4 \cdot 1,5 \cdot 272}} = 194,1\, mm \quad (3.19)$$

kde: l_{krit} - kritická délka st ifníku [mm]

n_b - koeficient bezpečnosti = (1,5 až 2), zvolen = 1,7

d - průměr kontrolovaného st ifníku [mm]

E - modul pružnosti v tahu, $E = 2,1 \cdot 10^5$ [MPa]

I - kvadratický moment setrvačnosti kruhového průřezu [mm⁴]

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 4^4}{64} = 12,6\, mm^4 \quad (3.20)$$

Dále se st ifník kontroluje na otláčení z důvodu nebezpečí vtlačení do upínací desky. Napětí, které vzniká na dosedací ploše st ifníku nesmí překročit dovolené napětí $\sigma_{dov} = 180$ MPa. Při překročení by bylo nutné konstruovat nástroj tak, aby mezi kotevní a upínací deskou byla vložena oporná kalená deska, která zabráví vtlačování st ifníku.

Napětí vzniklé na dosedací ploše

$$\sigma_s = \frac{F_{s2}}{S_s} \leq \sigma_{dov} \rightarrow \frac{6665}{50,3} \leq 180 \rightarrow 132,5 \leq 180\, MPa \quad (3.21)$$

kde: S_s - obsah osazení st ifníku Ø 4 mm²

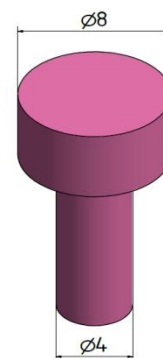
$$S_s = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 50,3\, mm^2 \quad (3.22)$$

kde: d_o - průměr osazení st ifníku (obr. 38) = 8 mm

Z výpočteného napětí vyplývá, že je nižší, než dovolené ($\sigma_s = 132,5$ MPa < $\sigma_{dov} = 180$ MPa). Proto není potřeba při konstrukci použít kalenou opornou desku.

Posledním kontrolním výpočtem je výpočet výšky st ifnice. Protože během st ifného procesu dochází k namáhání st ifnice ohybem a tlakem je potřeba určit její výšku a to proto, aby se zabránilo jejímu prohnutí.

$$H = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_s} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 383850} = 33,7\, mm \quad (3.23)$$



Obr. 38
Průměry
st ifníku

3.4 Výpočty pro ohybovou část

Z konstrukčního hlediska součástí je nutné provést kontrolu minimálního a maximálního poloměru ohybu, ale také úhel odpružení, pro který je třeba znát délku ramena ohybu, zaoblení funkční části ohybníku $r_p = 4,5$ a poloměr na ohybníci, který je stejný jako vnitřní poloměr součástí $r_o = 0,8$ mm. Délka ohybu $b_o = 200$ mm, modul pružnosti $E = 2,1 \cdot 10^5$ MPa, a mez pružnosti $Re = 220$ MPa.

Určení ramene ohybu

$$l_o = r_o + r_p + 1,2 \cdot s = 0,8 + 4,5 + 1,2 \cdot 1,5 = 7,1 \text{ mm} \quad (3.24)$$

kde: r_o - poloměr na ohybníci [mm]

r_p - zaoblení funkční části ohybníku, $r_p = 3 \cdot s = 3 \cdot 1,5 = 4,5$ [mm]

Výpočet úhlu odpružení dle vzorce (2.7)

$$\beta = \tan^{-1} \cdot \left(0,375 \cdot \frac{l_o}{k_o \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \right) = \tan^{-1} \cdot \left(0,375 \cdot \frac{7,1}{0,64 \cdot 1,5} \cdot \frac{220}{2,1 \cdot 10^5} \right) = 0,166 = 0^\circ 9' 58''$$

kde: k_o = součinitel určující polohu neutrální osy je podle tabulky 3 určen $k_o = 0,6$

Minimální poloměr ohybu dle vzorce (2.4)

$$R_{\min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c \cdot s = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ mm}$$

kde: c - koeficient materiálu, zvolen = 0,5

Maximální poloměr ohybu dle vzorce (2.6)

$$R_{\max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{Re} - 1 \right) = \frac{1,5}{2} \cdot \left(\frac{2,1 \cdot 10^5}{220} - 1 \right) = 715,2 \text{ mm}$$

Na výrobné součásti se nachází pouze jeden ohyb o poloměru $R_o = 0,8$ mm. Z výpočtu plyne, že poloměr vyhovuje a nedojde tak k porušení na vnější straně.

Síla pro ohyb do tvaru V dle vzorce (2.10)

$$F_o = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{200 \cdot 1,5^2 \cdot 220}{2 \cdot 0,5} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{90}{2} \right) = 99\,000 \text{ N}$$

Síla pístová

$$F_p = 0,25 \cdot 99\,000 = 24\,750 \text{ N}$$

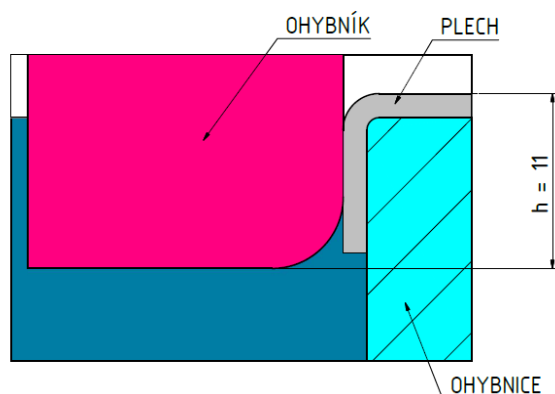
Celková ohybová síla

$$F_{co} = F_o + F_p = 99\,000 + 24\,750 = 123\,750 \text{ N}$$

Výpočet ohybové práce dle vzorce (2.13), koeficient zaplnění diagramu byl zvolen = 0,6.

$$A_o = \frac{F_{co} \cdot h \cdot \psi}{1000} = \frac{123\,750 \cdot 11 \cdot 0,6}{1000} = 817 \text{ J}$$

kde: h - dráha ohybníku (obr. 39)
= 11 mm



Obr. 39 Dráha ohybníku

3.5 Poloha výsledné síly

Je nutné, aby výslednice sil působila ve svislé ose lisu, kdyby tomu tak nebylo, mohlo by dojít k poškození stroje, proto je nutné provést působení výsledné síly, kde bude umístěna na stopka, která spojí nástroj s beranem lisu. Bude proveden výpočet pro osu x i y. Hodnoty souadnic jednotlivých působících sil byly odměřeny pomocí programu Autodesk Inventor (obr. 40).

Celková výsledná síla dle vzorce (2.8)

$$F_C = F_s + F_{co} = 383850 + 123750 = 507600 \text{ N}$$

Poloha působení síly v ose x dle vzorce (2.15)

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F_C} = \frac{F_{s1} \cdot x_1 + 3 \cdot F_{s2} \cdot x_{2,3,4} + 2 \cdot F_{s3} \cdot x_{5,6} + F_{s4} \cdot x_7 + F_{co} \cdot x_8}{F_C} =$$

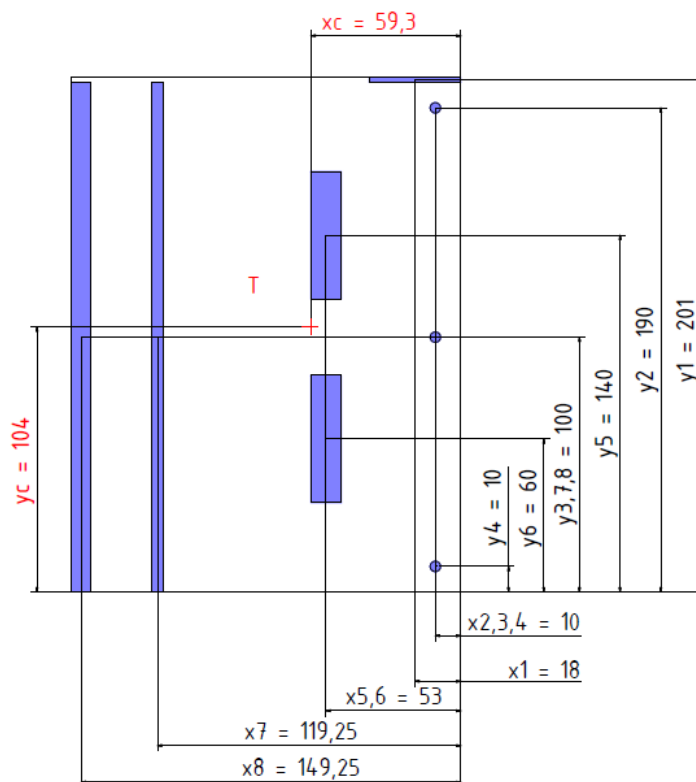
$$= \frac{20155 \cdot 18 + 3 \cdot 6665 \cdot 10 + 2 \cdot 65770 \cdot 53 + 212160 \cdot 19,25 + 123750 \cdot 149,25}{507600} = 59,3 \text{ mm}$$

Poloha působení síly v ose y dle vzorce (2.9)

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{F_C} = \frac{F_{s1} \cdot y_1 + F_{s2} \cdot y_2 + F_{s2} \cdot y_3 + F_{s2} \cdot y_4 + F_{s3} \cdot y_5 + F_{s3} \cdot y_6 +$$

$$+ \frac{F_{s4} \cdot y_7 + F_{co} \cdot y_8}{F_C} = \frac{20155 \cdot 201 + 6665 \cdot 190 + 6665 \cdot 100 + 6665 \cdot 10}{507600} +$$

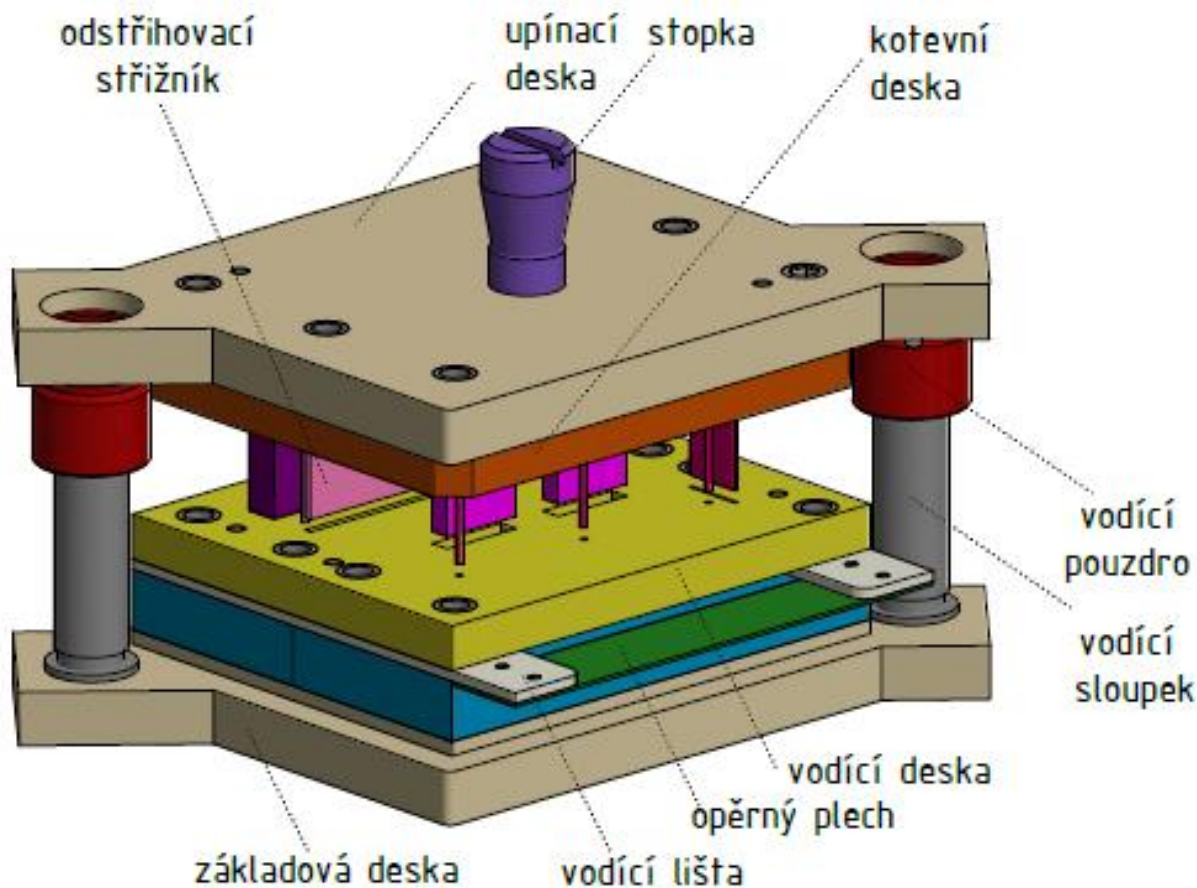
$$+ \frac{65770 \cdot 140 + 65770 \cdot 60 + 212160 \cdot 100 + 123750 \cdot 100}{512271} = 104 \text{ mm}$$



Obr. 40 Určení polohy působení výsledné síly

3.6 Popis nástroje

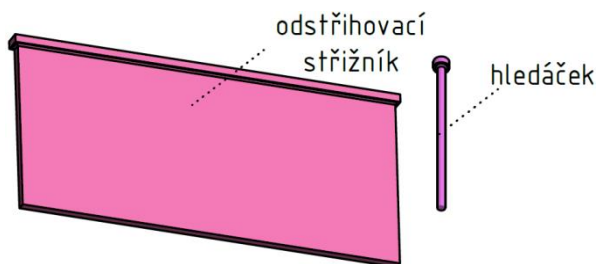
Pro výrobu zapadacího plechu byl zkonstruován sdrufený postupový nástroj (obr. 41), který bude součástí zhotovovat ve čtyřech krocích, a to stříháním a ohýbáním. Model nástroje byl vytvořen v programu Autodesk Inventor.



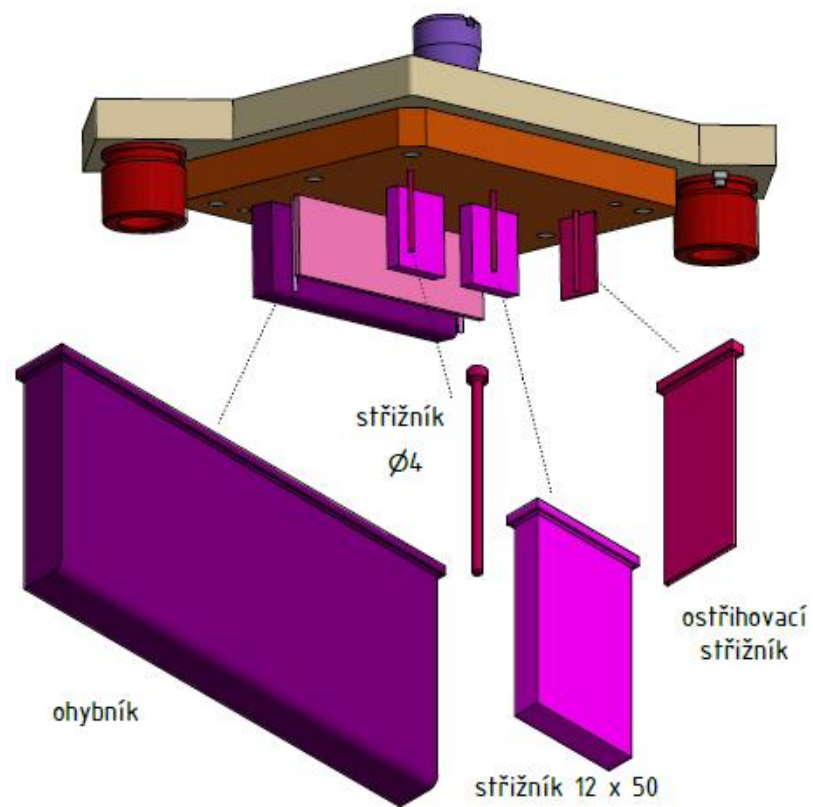
Obr. 41 Sdrufený nástroj

Horní část nástroje (obr. 43) se skládá z upínací desky, ve které je umístěna stopka spojující nástroj s beranem lisu. Také je s ní spojena kotevní deska v jejích otvorech zalisovaná vodící pouzdra. Kotevní deska slouží k umístění střížníku, konkrétně jeden odstřihovací, 3 pro otvory o průměru 4 mm, dva s rozměry 12 x 50 mm, a jeden odstřihovací (obr. 42), dvou hledáček (obr. 42), a ohybníku.

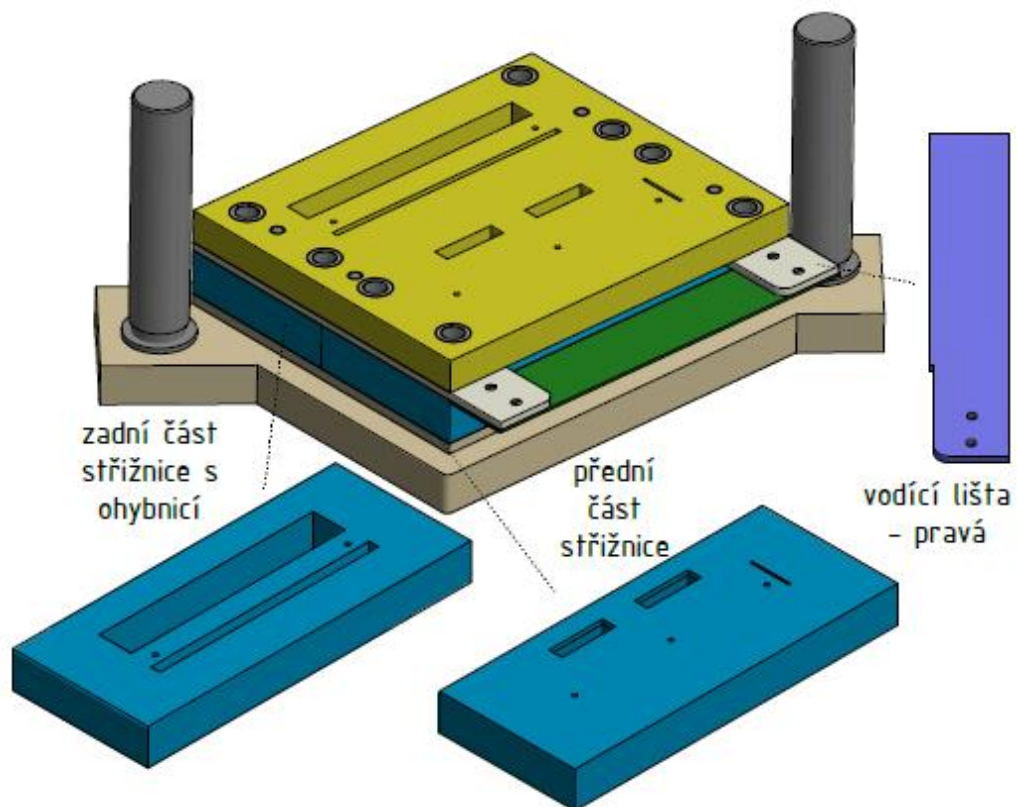
Spodní část (obr. 44) se skládá ze základové desky, která se umístí na upínací desku lisu a je k ní připevněna střížnice, která je rozdělena na dvě části. Na těchto střížnicích jsou umístěny dvě lišty (levá a pravá), ty společně s opěrným plechem, jímž jsou podloženy, slouží pro vedení pásu plechu. V pravé vodící liště je vyfrézovaná drážka, která slouží pro nastavení prvního kroku při zavedení nového svitku. Na lištách se nachází vodící deska, skrz níž prochází 8 roub a 4 kolíky připevňující lišty a střížníky k základové desce. U ohybu bylo vypočteno odpružení $0^{\circ} 9' 58''$, o tuto hodnotu budou funkční části lisovnicku zvětšeny.



Obr. 42 Odstřihovací střížník a hledáček



Obr. 43 Horní část nástroje



Obr. 44 Spodní část nástroje

3.7 Volba stroje [30], [35]

Pro výběr vhodného stroje je hlavní parametr celková tlačí síla pro výrobu součástí na hotovo. Zvolený stroj musí mít v této jmenovitou sílu nepřesahující celkovou tlačí sílu.

Celková tlačí síla dle vzorce (2.8)

$$F_C = F_S + F_{co} = 388518 + 123750 = 512271 \text{ N}$$

Jako vhodný stroj byl zvolen výstředníkový lis S 160 E (obr. 45) od firmy Thermal Brno a. s., který má maximální hodnotu síly 1 600 kN.

Výstředníkové lisy jsou vhodné pro lisování z pás plechu nebo svitku a pro všechny běžné lisovací operace za studena, tj. stříhání, drolování, ohýbání apod.

Tab. 6 Parametry lisu S 160 E

Tlačí síla	kN	1600
Sevnění	mm	500
Vylovení	mm	400
Upínací plocha stolu	mm	1200 x 800
Upínací plocha beranu	mm	560 x 520
Zdvih beranu	mm	20 - 160
Podstavec	min ⁻¹	60
Pravidlování beranu	mm	100
Celkový instalovaný výkon	kW	15
Rozměry stroje v x - x h	m	3,3 x 1,2 x 2,3

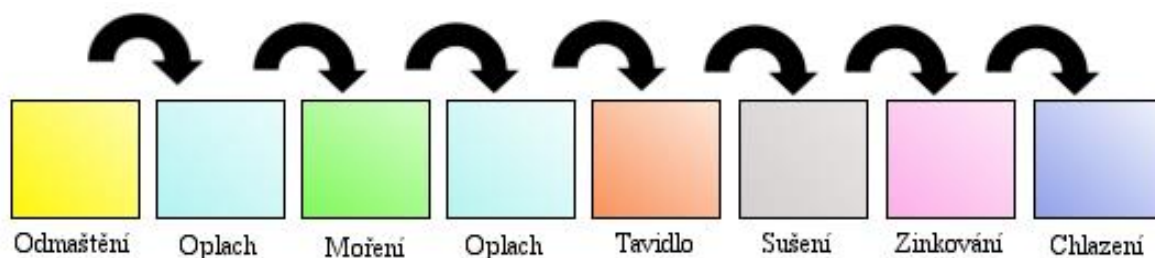


Obr. 45 Výstředníkový lis S160 E [35]

3.8 Povrchová úprava součástí

Vzhledem k tomu, že bude zapadací plech k zámku potřeba chránit proti korozi, je vhodné jeho povrch chránit. Jako nejvhodnější způsob ochrany bylo zvoleno flárové zinkování, což patří mezi nejrozšířenější způsoby ochrany železných slitin. K hlavním výhodám patří dlouhá životnost, kvalitní a rovnoměrný povlak nebo také dobrá odolnost proti mechanickým vlivům.

Celý proces zinkování se skládá z několika kroků (obr. 46), protože je třeba připravit povrch materiálu. Nejprve se výrobek odmastí, a tím se zbaví oleje, směsí, které následuje, se zbaví nečistot a rzi. Součástí je dále namáčení v tavidle, které odstraní zbytek oxidu, ale také zabrání jejich vzniku do okamžiku ponoření do lázně, kde probíhá samotné zinkování. Provádí se při teplotách v 450°C a čas se uvádí v rozmezí 30 až 60 s na 1 mm tloušťky materiálu. Po vytáhnutí z lázně se výrobek očiští od kapek zinku. Posledním krokem je chlazení a konečná kontrola povrchu, po níž následuje zabalení a expedice.



Obr. 46 Postup flárového zinkování [1]

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole bude provedeno ekonomické zhodnocení, kterým budou zjištěny celkové náklady jak na výrobu jedné součásti, tak i celé série $N = 35\,000$ ks/rok. Z důvodu předpokladu, že lis a podava jsou součástí podniku, nejsou ve výpočtech náklady na jejich pořízení zahrnuty. Nejdivnější budou vypočtené náklady na materiál.

Celková hmotnost svitek

$$m_{csv} = m_{sv} \cdot n_{sv} = 777 \cdot 4 = 3\,108 \text{ kg} \quad (4.1)$$

kde: m_{sv} - hmotnost svitku = 777 kg

n_{sv} - počet svitek pro sérii = 4 ks

Cena všech svitek

$$N_{csv} = m_{csv} \cdot C_m = 3\,108 \cdot 19,44 = 60\,420 \text{ K} \quad (4.2)$$

kde: C_m - cena materiálu, stanovena firmou Feron a. s. = 19,44 K /kg

Hmotnost jedné součásti

$$m_s = S_{vo} \cdot s \cdot \rho_{ocel} = 5\,062,3 \cdot 1,5 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 0,056 \text{ kg} \quad (4.3)$$

kde: s - tloušťka plechu = 1,5 mm

ρ_{ocel} - hustota oceli = $7,8 \cdot 10^{-6}$

S_{vo} - celková plocha výstřihu

$$S_{vo} = A \cdot L - 3 \cdot \pi \cdot d - 2 \cdot a_{os} \cdot b_{oo} = 200 \cdot 31,5 - 3 \cdot \pi \cdot 4 - 2 \cdot 12 \cdot 50 = 5\,062,3 \text{ mm}^2 \quad (4.4)$$

kde: A - šířka součásti = 200 mm

L - délka součásti = 31,5 mm

d - průměr stříhaného otvoru = 4 mm

a_{os} - šířka stříhaného otvoru = 12 mm

b_{oo} - délka stříhaného otvoru = 50 mm

Celková hmotnost součástí

$$m_{cs} = m_s \cdot N = 0,056 \cdot 35\,000 = 1\,960 \text{ kg} \quad (4.5)$$

Hmotnost odpadu

$$m_{od} = m_{csv} - m_{cs} = 3\,108 - 1\,960 = 1\,148 \text{ kg} \quad (4.6)$$

Zhodnocení odpadu

$$N_{od} = C_{od} \cdot m_{od} = 2,8 \cdot 1\,148 = 3\,214 \text{ K} \quad (4.7)$$

kde: C_{od} - cena výkupu odpadního materiálu, zjištěná = 2,8 K /kg

Výsledná cena materiálu

$$N_{cm} = N_{csv} - N_{od} = 60\,420 - 3\,214 = 57\,206 \text{ K} \quad (4.8)$$

Cena materiálu na jeden kus

$$N_{msk} = \frac{N_{cm}}{N} = \frac{57\,206}{35\,000} = 1,7 \text{ K} \quad (4.9)$$

Dále budou vypočteny náklady na mzdu dělníka. Ty se odvíjí od hodinové mzdy, která byla zvolena $C_{obs} = 135 \text{ K}$ a celkového výrobního času. Předpokládaná pracovní doba jedné směny bude $t_{sm} = 7,5$ hodin, z toho čas na zahájení a ukončení směny $t_{zu} = 0,5$ hodin a pro výměnu a seřízení svitku $t_{vss} = 0,5$ hodin. Cena nástroje, která je stanovena odhadem dle ceny podobných nástrojů je $N_n = 280\,000 \text{ K}$.

Pro počet součástí vyrobených za hodinu, počet zdvihů lisu byl zvolen $n_z = 25 \text{ min}^{-1}$, tato hodnota bude po zavedení do výroby upravena

$$n_{sh} = n_z \cdot 60 = 25 \cdot 60 = 1\,500 \text{ ks / hod} \quad (4.10)$$

Počet výměnných světelných zdrojů za směnu

$$n_{hsv} = \frac{t_{sm} \cdot n_{sv} \cdot n_{sk}}{N} = \frac{7,5 \cdot 4 \cdot 1500}{35000} = 1,3 \quad (4.11)$$

Počet výměnných světelných zdrojů za směnu je $n_{hsv} = 1$

Výrobní čas

$$t_v = t_{sm} - t_{zu} - t_{vss} = 7,5 - 0,5 - 0,5 = 6,5 \text{ hod} \quad (4.12)$$

Počet vyrobených součástí za směnu

$$n_{ss} = n_{sh} \cdot t_v = 1500 \cdot 6,5 = 9750 \text{ ks / sm m} \quad (4.13)$$

Počet směn

$$n_{sm} = \frac{N}{n_{ss}} = \frac{35000}{9750} = 3,6 \text{ sm m} \quad (4.14)$$

Pro výrobu roční série $N = 35000$ ks jsou potřeba 4 směny.

Počet hodin potřebných na výrobu

$$n_h = n_{sm} \cdot t_{sm} = 4 \cdot 7,5 = 30 \text{ hod} \quad (4.15)$$

Přímé náklady na mzdu obsluhy lisu i s navýšením na superhrubou mzdu

$$N_{pmz} = n_h \cdot C_{obs} \cdot C_{sp} = 30 \cdot 135 \cdot 1,34 = 5427 \text{ K} \quad (4.16)$$

kde: C_{sp} - navýšení na superhrubou mzdu = 34% = 1,34

Také je třeba zahrnout náklady spojené s reálií, které vznikají ve výrobním středisku a správ jako celku. Zahrnují např. odpisy a opravy výrobních strojů, spotřeba energie, náklady na telefonní hovory a výpočetní techniku. Hodnoty byly odhadnuty na výrobní reflexe jsou $V_{vr} = 230\%$ z N_{pmz} a správní $S_{sr} = 95\%$.

Refijní náklady

$$N_r = N_{pmz} \cdot (V_{vr} + S_{sr}) = 5427 \cdot (2,3 + 0,95) = 17638 \text{ K} \quad (4.17)$$

Celkové mzdové náklady

$$N_{cmz} = N_{pmz} + N_r = 5427 + 17638 = 23065 \text{ K} \quad (4.18)$$

Náklady na energii budou vypočteny pouze pro lis

$$N_{en} = P_{lis} \cdot n_h \cdot C_{en} = 15 \cdot 30 \cdot 5 = 2250 \text{ K} \quad (4.19)$$

kde: P_{lis} - výkon lisu, viz tab. 6 = 15 kW

C_{en} - uvažovaná cena elektrické energie = 5 Kč / kWh

Dále budou náklady navýšeny o cenu povrchové úpravy

$$N_{zz} = m_{cs} \cdot C_{zz} = 1960 \cdot 9 = 17640 \text{ K} \quad (4.20)$$

kde: C_{zz} - cena flárového zinkování nabízená firmou Reno-Teh.cz, s. r. o. = 9 Kč / kg

Náklady na výrobu jedné součásti

$$N_{vl} = \frac{N_{cm} + N_n + N_{en} + N_{zz}}{N} + N_{msk} = \frac{57206 + 280000 + 2250 + 17640}{35000} + 1,7 = 12 \text{ K} \quad (4.21)$$

Celková cena součásti s uvažovaným ziskem 70%, $Z_{sk} = 1,7$

$$C_c = N_{vl} \cdot Z_{sk} = 12 \cdot 1,7 = 20,4 \text{ K / ks} \quad (4.22)$$

Fixní náklady

$$FN = N_n + N_{cmz} - N_{pmz} = 280000 + 23065 - 5427 = 297638 \text{ K} \quad (4.23)$$

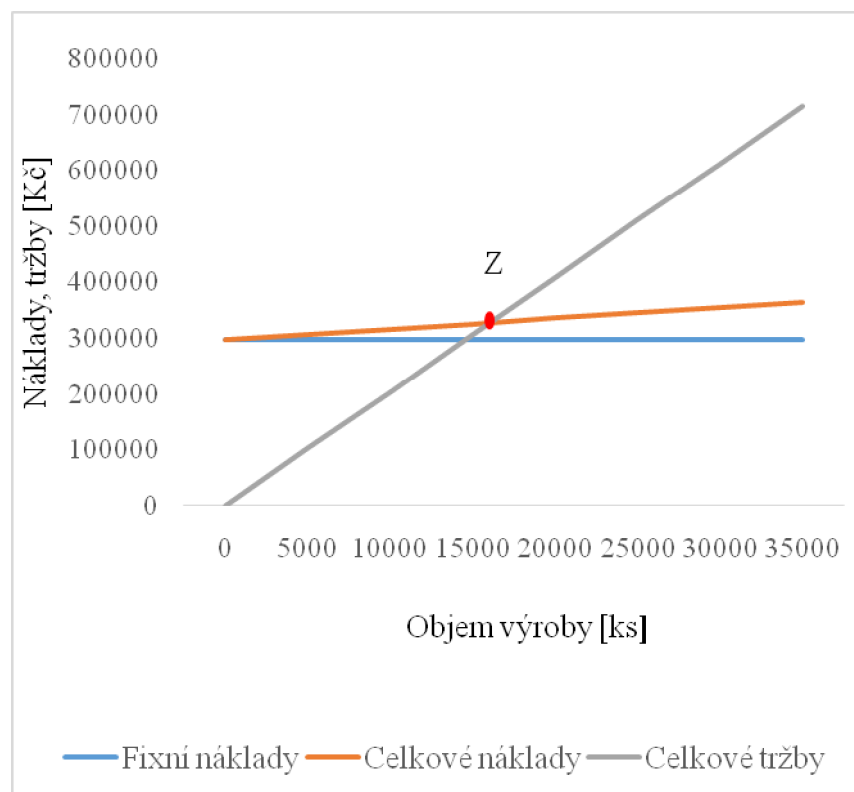
Variabilní náklady

$$VN = N_{msk} + \frac{N_{pmz}}{N} = 1,7 + \frac{5427}{35000} = 1,86 \text{ K / ks}$$

Bod zvratu

$$Z = \frac{FN}{C_c - VN} = \frac{297638}{20,4 - 1,86} = 16\,054 \text{ ks} \quad (4.24)$$

Vypočtením bodu zvratu bylo zjištěno, že se výroba stává ziskovou při vyrobení 16 054 ks. Z ekonomického hlediska tedy plyne, že zvolená výrobní technologie je při zhotovení roční série 35 000 ks/rok efektivní. Pro představu byl vytvořen graf bodu zvratu (obr. 47).



Obr. 47 Bod zvratu

5 ZÁVĚR

Ještěná součást se používá k zapadnutí závor a stělký zámku dveří, jako vhodný materiál pro byla zvolena ocel 11 321. Zapadací plech je vyráběn z plechu tloušťky 1,5 mm v rovní sérii 35 000 ks/rok. Následně bude povrch upraven flárovým zinkováním, které zvýší odolnost proti korozi.

Z výrobních technologií uvažovaných pro výrobu byla jako nejvhodnější zvolená technologie stříhání a ohýbání ve sdrúženém nástroji, a to jak z hlediska ekonomiky, tak i kvůli nejmenším vedlejším úas m. Vzhledem k technologii nosti nebylo potřeba provádět žádné konstrukční úpravy.

V další části byl po zjištění rozměrů rozvinutého tvaru zvolen vhodný technologický postup, dle kterého bude zapadací plech vyroben ve čtyřech krocích. Po srovnání jednotlivých formátů tabulí plechu a svitků byl zvolen svitek o rozměrech 1000 x 610 x 202 x 1,5 mm s využitím 83%, který byl up ednostněn p ed tabulí se stejným využitím, a to kvůli kratším manipulačním úas m a výhodnější ceně za kilogram. K výrobě celé série budou potřeba 4 svitky.

Na základě technologických, konstrukčních a kontrolních výpočtů byl pro navržený výrobní postup zkonstruován sdrúžený postupový nástroj, pro který byl následně zvolen vhodný stroj, a to výstředníkový lis S 160 E, jehož výrobcem je THERAL Brno a. s.. Vyhovuje z hlediska rozměrů nástroje a také potřebné tvá ecí síly.

V rámci technicko-ekonomického zhodnocení byla vypočtena výsledná prodejní cena, které činí 20,4 Kč, která se skládá z nákladů a uvažovaného 70% zisku. Na závěr bylo zjištěno, že se výroba stává ziskovou p i p ekro ení 16 054 ks.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ALPHA union. *Alphaunion* [online]. český Tiskárna: ALPHA union, 2009 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.alphaunion.cz/nabidka/zarove-zinkovani>
2. BAČKA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010, 246 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3242-0.
3. BILÍK, Jozef, Mária KAPUSTOVÁ a Anton UHLÍK. *Technológia tvárnenia: Návod na cvičenie*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2004, 171 s. 5116. ISBN 80-227-2099-2.
4. BOBÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Praha: SNTL, 1983, 213 s.
5. CAD.CZ. *CAD* [online]. Praha: webservis, 2017 [cit. 2017-05-28]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/2601-navrh-reseni-ohybaciho-pripravku-v-solid-edge-v19.html>
6. CNC DELFIN. *CNC DELFIN* [online]. Lhota pod Libanem: CNC Delfin, 2017 [cit. 2017-05-28]. Dostupné z: <http://www.cncdelfin.cz/cnc-technologie>
7. CNC ohraňovací lis. *FERRUM s.r.o.* [online]. 2016 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.ferrum-mb.cz/cnc-ohrnovaci-lis/>
8. CNC vysekávání. *NC LINE: Kompletní servis v oblasti zpracování plechů* [online]. 2016 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.ncline.cz/portfolio/vysekavani/>
9. ADA, Radek. *Technologie I. část Tvárění a slévání Návod na cvičení*. Ostrava: VUTB-TECHNICKÁ UNIVERSITA OSTRAVA, 2008, 188 s. ISBN 978-80-248-0795-9.
10. ADA, Radek. *Technologie I: Studijní opora*. 1. vyd. Ostrava: VUTB-TECHNICKÁ UNIVERSITA OSTRAVA, 2007, 360 s. ISBN 978-80-248-1507-7.
11. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tvárění: Ploché a objemové tvárění*. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
12. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., doplněné. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7
13. Feron, a.s. *Velkoobchod hutním materiálem* [online]. 2004-2012 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php
14. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tvárění a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
15. FOREJT, Milan. *Teorie tvárění*. Vyd. 2. Brno: CERM, 2004, 167 s. ISBN 80-214-2764-7.

16. CHROMTech. *CHROMTech* [online]. Teplice: Obchodní družstvo CHROMTech, 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.chromtech.cz/nabidkamenu/chromat-al>
17. ISAKIDIS, Petr. *VÝROBA KOTEVNÍHO PRVKU*. Brno, 2011. Diplomová práce. VUT.
18. Jakosti ocelí. Feromat: Hutní a spojovací materiál [online]. 2010 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://www.feromat.cz/jakosti_oceli
19. KOTOUŠ, Jiří. *Nástroje pro tváření za studena* [online]. České vysoké učení technické v Praze, 1978, 158 s. [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: http://www.strojar.com/upload/skripta/NVPO_nastroje_pro_tvareni.pdf
20. Konstrukční kancelář FaM Tools. *FaM Tools* [online]. Brno: FaM Tools, 2015 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.famtools.cz/postupove-sdruzene-nastroje-lisy>
21. Laser: Technologie. *CHPS s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.chps.cz/rezani-laserem/technologie>
22. LENFELD, Petr. *Technologie II: Tváření kovu a zpracování plastů* [online]. Liberec [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/obsah_kovy.htm
23. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření I*. Brno: Univerzita obrany, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7231-579-6.
24. Mississippi Laser: Laser Cutting. *Mississippi Laser* [online]. St. East Milan: Mississippi Laser, 2017 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <https://msplaser.com/services/laser-cutting/>
25. Nástrojárna FESTOOL s. r. o. *FESTOOL* [online]. Česká Lípa: FESTOOL, 2014 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://www.vyrobaforem.cz/cs/strizne_nastroje.html
26. *Nekonvenční technologie: řezání laserem a vodním paprskem* [online]. 2010 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.chps.cz/vodni-paprsek/technologie.html>
27. NOVELO: Zapadací plechy. *Novelobrnno* [online]. Brno: Novelo, 2017 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://www.novelobrnno.cz/zapadaci-plechy?orderby=0&from=18>
28. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1980, 216 s. ISBN L 13-B 3-IV-41/22674; L 13-B 3-IV-41/22674.
29. NOVOTNÝ, Karel. *Tváření nástroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
30. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje : část I - tváření*. 2. vyd. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1987, 112 s. ISBN 55-593/1-87.
31. PETRUŠELKA, Jiří a Richard B. EZINA. *Úvod do tváření II plošné tváření. Úvod do tváření* [online]. Ostrava, 2001 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://www.345.vsb.cz/jiripetruselka/Texty/Uvod_TV2.pdf

32. PRIBAN, Jiří. *Nástroje pro stříhání: Stříhací a stříhací* [online]. 2010 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.vyrobaforem.cz/cs/strizne_nastroje.html
33. efeme vodou.cz. *Režeme-vodou* [online]. Ostrava: TALPA-RPF, 2011 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.režeme-vodou.cz/rezani-vodnim-paprskem.php>
34. SUPREME waterjet CUTTING: řezání vodním paprskem. *Supremewaterjetcutting* [online]. New Plymouth: Mechanical Geeks, 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.supremewaterjetcutting.co.nz/>
35. THERMAL. *Smeral* [online]. Brno: Thermal Brno, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: http://www.smeral.cz/vystrednikove_lisy.html
36. TPA EK, Jindřich a Ladislav Fišák. *Speciální technologie I a II: Návod do cvičení - část: plošné tváření*. 1. vyd. Brno: Rektorát vysokého učení technického v Brně, 1991, 109 s. ISBN 80-214-0259-8.
37. Technologie: Obor Nástrojářství. PINLEROVÁ, Marie. *Technologie* [online]. Opava, 2007 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://sst.opava.cz/technologie/technologie.pdf>
38. Výroba: Tváření. TATÍ EK, František a Tomáš PILVOUSEK. *Stříhání* [online]. 2010 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademietvareni-strihani.html>
39. Water Jet Cutting Machine. *Xinology* [online]. 2015 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://xinology.com:888/Glass-Processing-Equipments-Supplies-Consumables/glasscutting/water-jet-cutting/overview/two-types-of-water-jet.html>
40. Zpracování plechu. *Vysekávací stroje a nástroje* [online]. 2012 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.cz.trumpf.com/produkty/obrabecistroje/produkty/vysekovani/vysekavaci-stroje.html>
41. Fielesářství u Rotta: Zapadací plechy. *Zelesářství-urotta* [online]. Praha: Fielesářství U Rotta, 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.zelezarstvi-urotta.cz/Kovani/Zamky/PLECHY-ZAPADACI/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Jednotka	Legenda
A	[mm]	–í ka sou ásti
A _c	[J]	celková práce
A _o	[J]	ohybová práce
A _s	[J]	st ílná práce
a _{oo}	[mm]	–í ka st íhaného otvoru
b _o	[mm]	–í ka ohýbaného pásu
b _{oo}	[mm]	délka st íhaného otvoru
b _s	[mm]	–í ka svítku
b _t	[mm]	–í ka tabule
C _c	[-]	celková cena sou ásti v etn zisku
C _{en}	[K]	cena elektrické energie
C _m	[K /kWh]	cena materiálu
C _{obs}	[K]	hodinová mzda obsluhy
C _{sp}	[%]	navý–ení na superhrubou mzdu
c	[-]	sou ínitel st ílné v le
c _m	[-]	koeficient materiálu
D _{sv}	[mm]	vn í pr m r svítku
d	[mm]	pr m r st ílníku
d _o	[mm]	pr m r osazení st ílníku
d _{sv}	[mm]	vnit ní pr m r svítku
E	[MPa]	modul pružnosti v tahu
F _c	[N]	celková síla
F _{co}	[N]	celková ohybová síla
F _i	[N]	síla jedné operace
F _k	[N]	kalibra ní síla
FN	[K]	fixní náklady
F _o	[N]	ohybová síla
F _p	[N]	síla p idrřova e
F _s	[N]	st ílná síla
F _{zv}	[mm]	zvolený okraj
H	[mm]	vý–ka st ílnice
h	[mm]	dráha ohybníku
I	[mm ⁴]	kvadratický moment setrva nosti
K	[mm]	délka kroku
k _o	[-]	sou ínitel ur ující polohu neutrální plochy
L	[mm]	délka sou ásti
L _o	[mm]	délka ohnuté ásti
L _{sv}	[mm]	délka svítku
l _{krit}	[mm]	kritická délka st ílníku
l _o	[mm]	rameno ohybu
l _p	[mm]	délka pásu
l _s	[mm]	délka st íhu
m _{cs}	[kg]	celková hmotnost sou ástí
m _{csv}	[kg]	celková hmotnost svítk
m _{od}	[kg]	hmotnost odpadu
m _s	[kg]	hmotnost jedné sou ásti
m _{sv}	[kg]	hmotnost svítku

Oznaení	Jednotka	Legenda
N	[ks]	velikost série
N _{cm}	[K]	výsledná cena materiálu
N _{cmz}	[K]	celkové mzdové náklady
N _{csv}	[K]	cena v-ech svitk
N _{en}	[K]	náklady na energii
N _{msk}	[K]	cena materiálu na jeden kus
N _n	[K]	cena nástroje
N _{od}	[K]	zhodnocení odpadu
N _{pmz}	[K]	p ímé náklady na mzdu obsluhy lisu
N _r	[K]	refijní náklady
N _{vl}	[K]	náklady na výrobu jedné sou ásti
n	[-]	koeficient otupení nástroje
n _h	[hod]	po et hodin pot ebných na výrobu
n _{hsv}	[ks]	po et vým n svitk za sm nu
n _p	[ks]	po et pás z tabule
n _{sh}	[ks/hod]	po et sou ástí vyrobených za hodinu
n _{sm}	[ks]	po et sm n
n _{ss}	[ks]	po et vyrobených sou ástí za sm nu
n _{sv}	[ks]	po et svitk pro sérii
n _t	[ks]	po et tabulí pro sérii
n _v	[ks]	po et výst iflk z pásu
n _{vsv}	[ks]	po et výst iflk z jednoho svitku
n _{vt}	[ks]	po et výst iflk z tabule
n _z	[min ⁻¹]	po et zdvih lisu
P _{lis}	[kW]	p íkon lisu
Re	[MPa]	mez kluzu materiálu
Rm	[MPa]	mez pevnosti st íhaného materiálu
R _{max}	[mm]	maximální polom t ohybu
R _{min}	[mm]	minimální polom r ohybu
R _o	[mm]	polom r ohybu
r _p	[mm]	zaoblení funk ní ásti ohybníku
S	[mm ²]	plocha st íhu
S _s	[mm ²]	plocha osazení st ífníku
S _{sr}	[K]	správná reflie
S _{sv}	[mm ²]	plocha svitku
S _t	[mm ²]	plocha tabule plechu
S _v	[mm ²]	plocha výst iflku
S _{vo}	[mm ²]	celková plocha výst iflku
TM	[mm]	-í ka pásu
s	[mm]	tlou- ka plechu
t _{sm}	[hod]	doba jedné sm ny
t _v	[hod]	výrobní as
t _{vss}	[hod]	as na vým nu a se ízení svitku
t _{zu}	[hod]	as na zahájení a ukon ení sm ny
VN	[K]	variabilní náklady
V _{vr}	[%]	výrobní reflie
v	[mm]	st ífná v le
x	[-]	sou ínitel posunutí neutrální plochy
x _c	[mm]	sou adnice t fli-t v ose y

Oznaení	Jednotka	Legenda
x_i	[mm]	poloha t ři-t jedné operace v ose x
y_i	[mm]	poloha t ři-t jedné operace v ose y
Z	[ks]	bod zvratu
	[°]	úhel ohybu
	[°]	úhel odpružení
ct	[%]	využití v-ech tabulí plechu
sv	[%]	využití svitku
t	[%]	využití tabule plechu
vsv	[%]	využití v-ech svitk
	[-]	sou ěinitel zapln ění diagramu
	[mm]	polom r neutrální vrstvy v ohnuté ásti
ocel	[kg/mm ²]	hustota oceli
dov	[MPa]	dovolené nap ětí
s	[MPa]	nap ětí vzniklé na dosedací plo-e
s	[MPa]	pevnost materiálu ve st ěhu
	[-]	sou ěinitel plnosti diagramu

SEZNAM OBRÁZK

Obr. 1 R zné typy zapadacích plech	9
Obr. 2 Použití e-ení sou ásti.....	10
Obr. 3 ezání vodním paprskem.....	11
Obr. 4 ezání laserem	11
Obr. 5 Vysekávání.....	11
Obr. 6 Postupový st iflný nástroj.....	12
Obr. 7 Ohra ování.....	12
Obr. 8 Ohýbadlo do tvaru šVõ.....	12
Obr. 9 Sdružený postupový nástroj.....	12
Obr. 10 Pr b h st ihu	13
Obr. 11 Vliv st ifné v le na tvorbu st ifné plochy	14
Obr. 12 Seskupení výst ifk	14
Obr. 13 P epáfky a bo ní odpady	14
Obr. 14 Pr b h ohýbání do tvaru šVõ.....	15
Obr. 15 Schéma ohýbání	15
Obr. 16 Schéma odpružení p i ohybu.....	16
Obr. 17 Zp soby odstran ní odpružení	17
Obr. 18 Pr b h st ifné síly	18
Obr. 19 Pr b h ohybové síly	18
Obr. 20 P íklad ur ení polohy t fí-t	19
Obr. 21 Postupový sdružení nástroj	20
Obr. 22 Geometrie otvoru ve st ifnici	21
Obr. 23 Výst edníkový lis.....	21
Obr. 24 Hydraulický lis	21
Obr. 25 Vzdálenost mezi st íhanými obrysy	22
Obr. 26 Technologí nost ohnuté sou ástky.....	22
Obr. 27 Ov ení technologí nosti	23
Obr. 28 Zapadací plech zámku	23
Obr. 29 Rozvinutý tvar sou ásti.....	23
Obr. 30 Umíst ní výst ifku.....	23
Obr. 31 Umíst ní výrobku ve sm ru pásu	24
Obr. 32 D lení tabule plechu	24
Obr. 33 Svitek	26
Obr. 34 Výrobní postup ó varianta A.....	27
Obr. 35 Výrobní postup ó varianta B.....	27
Obr. 36 Výrobní postup ó varianta C	28
Obr. 37 P sobení sil	28
Obr. 38 Pr m ry st iflníku	29
Obr. 39 Dráha ohybníku	30
Obr. 40Ur ení polohy p sobení výsledné síly	31
Obr. 41 Sdružený nástroj	33
Obr. 42 Odst íhovací st iflník a hledá ek	33
Obr. 43 Horní ást nástroje.....	34
Obr. 44 Spodní ást nástroje	34
Obr. 45 Výst edníkový lis S 160 E	35
Obr. 46 Postup flárového zinkování	35
Obr. 47 Bod zvratu	38

SEZNAM TABULEK


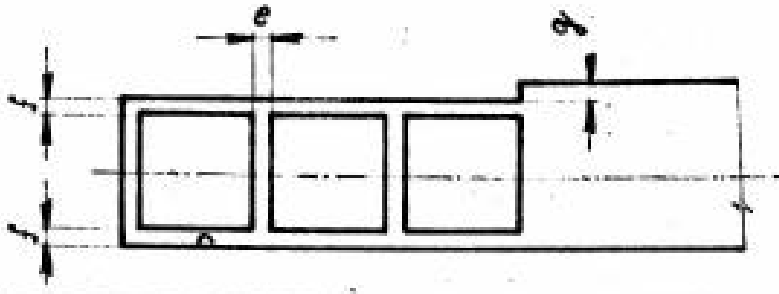
Tab. 1 Základní chemické složení oceli 11 321	10
Tab. 2 Hodnoty součinitele α	16
Tab. 3 Určení součinitele k_0	17
Tab. 4 Využití různých formátů tabulí plechu	25
Tab. 5 Využití svitek plechu	26
Tab. 6 Parametry lisu S 160 E	34

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Směrnice pro stanovení třídy odpadu
Příloha 2 Materiálový list SN 41 1321

SEZNAM VÝKRES

BP_2017_170349_0S Sdružený postupový nástroj

015 - 06 - 205	SMĚRNICE PRO STANOVENÍ ŠÍŘKY ODPADU	 NÁŘ KON-KL										
												
Tl. mat.	Šířka pásu											
	do 15		15÷50		50÷100		100÷200		200÷300		300÷400	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
0,1÷0,9	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,5	3,1				
1	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	3	3,7	4	4,8	4,8	6
1,3	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,3	6,5
1,5	1,5	1,8	2,2	2,7	2,5	3,1	3,5	4,3	4,5	5,4	5,6	6,8
1,8	1,8	2,2	2,2	2,8	2,5	3,1	3,5	4,3	4,7	5,6	5,8	7
2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4	5	5	6	6	7
2,2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,2	6,2	7,2
2,5	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,3	6,3	6,3	7,2
2,8	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,2	5,2	5,4	6,3	6,5	7,3
3	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	4,5	5,5	5,5	6,5	6,6	7,5
3,5			3,5	4,3	4	5	5	6	6	7	7	8,5
4			3,8	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,7	8	8	9,3
4,5			4	4,8	4,5	5,7	5,5	6,8	7	8,3	8,3	9,8
5			4,5	5	5	6	6	7	7,3	8,5	8,7	10

Tloušťka mat.	do 1	1,1÷1,3	1,4÷1,5	1,6÷1,8	1,9÷2
g	1,5	1,8	2	2,2	2,5

Rozměry uvedené v tabulkách platí pro kovy.
 Pro hmoty měkké (chrom. kůže, textil, azbest) použít
 dvojnásobné hodnoty e; f. Rozměr g zvětšit 1,5 krát.

Kreslil <i>Andr</i>	Přezkoušel <i>Ing. Anton</i>	Schválil <i>Štěr</i>		Platí od 1.4.1981
------------------------	---------------------------------	-------------------------	--	----------------------

Skupina ocelí podľa ČSN 42 0074		na ťahanie a tvárnenie za studena			
Chemické zloženie (rozbor tavby) %		C	Mn	P	S
		max. 0,10	max. 0,45	max. 0,030	max. 0,030
Trieda odpadu podľa ČSN 42 0030		005			
Farebné označenie podľa ČSN 42 0010		hnedá – zelená			
Druh ocele podľa spôsobu výroby		kyslíková konvertorová			
		neupokojená – N, alebo upokojená – U			
Výrobok		tenké plechy			
Zhotovenie		valcované za studena			
Stav povrchu	hladký	ČSN 42 6312.+1 alebo ČSN 42 5351.+1			
	matný	ČSN 42 6312.+2 alebo ČSN 42 5351.+2			
	zdrsnený	ČSN 42 6312.+3			
Akosť povrchu		ČSN 42 6312.3 ČSN 42 5351.3			
Rozmerová norma		ČSN 42 6312 ČSN 42 5351			
Technické dodávacie predpisy		ČSN 42 0127 ČSN 42 0108			
Hrúbka - mm		0,20 až 2,00			
Označenie materiálu, stavu a stupňa pretvárania		11 321.21			
Stav		rekryštalizačne žiňaný			
Stupeň pretvárania		ľahko prevalcovaný za studena			